الخرائط الرقمية

Surfer

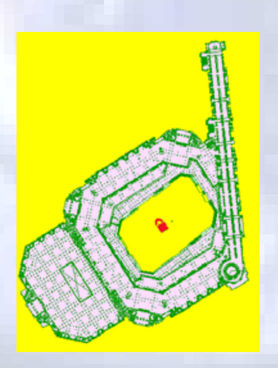
Arc GIS

Google Earth

Global Mapper

د/ جمعة محمد داود

١٤٣٣ هـ/ ٢٠١٢ م



مدخل إلي

الخرائط الرقمية

An Introduction to

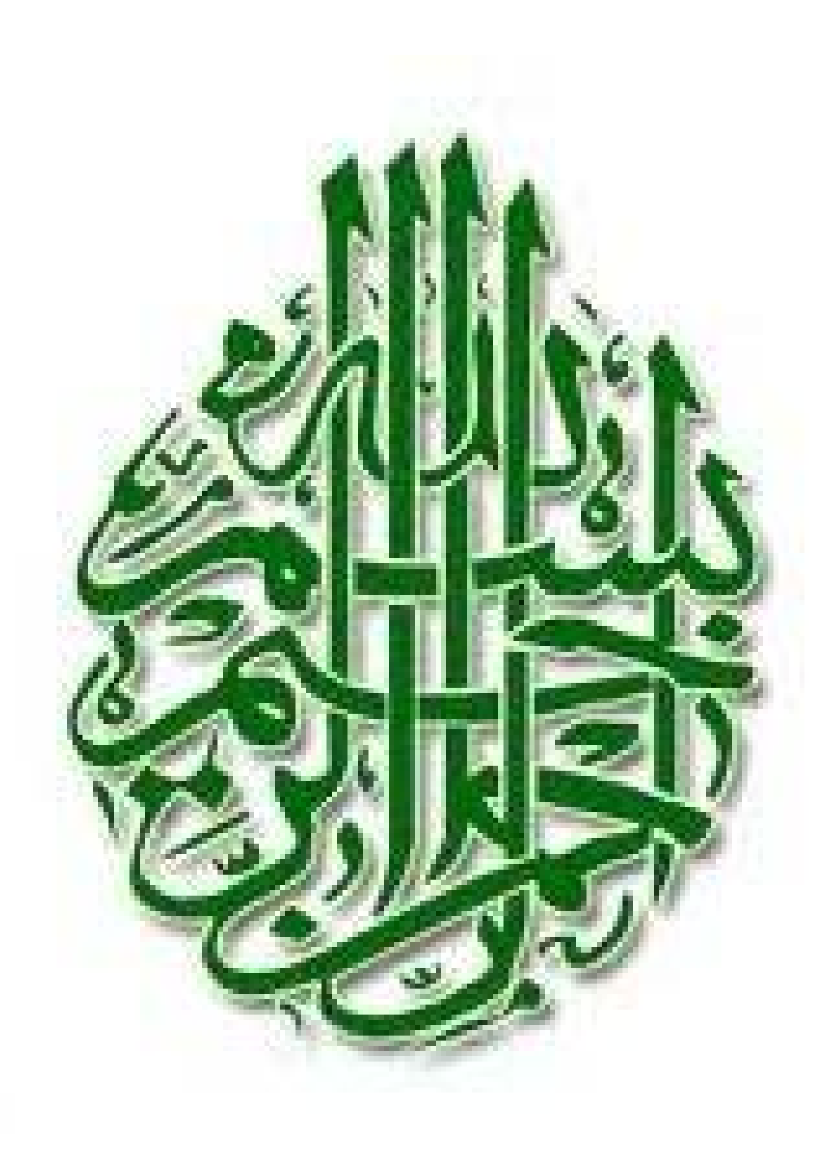
Computer Mapping

د. جمعة محمد داود

Gomaa M. Dawod

النسخة الأولي

١٤٣٣ هـ / ٢٠١٢م


بسم الله الرحمن الرحيم



اتفاقية الاستخدام

للإشارة إلي هذا الكتاب - كمرجع – برجاء إتباع النموذج التالي:

باللغة العربية:
داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٢ ، مدخل إلي الخرائط الرقمية ، مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية.

باللغة الانجليزية:
Dawod, Gomaa M., 2012, An Introduction to Computer Mapping (in Arabic), Holly Makkah, Saudi Arabia.

مقدمة النسخة الأولي

بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله العليم القدير الذي وهبني علما ووفقني في حياتي ، والصلاة والسلام علي معلم الأمم و خير البرية محمد بن عبد الله عليه الصلاة و السلام.

أدعو و أبتهل إلي مولاي و خالقي عز و جل أن يتقبل مني هذا العمل لوجهه الكريم فما أردت إلا إرضاؤه تعالي وتحقيقا لقول رسوله الكريم أن عمل ابن ادم ينقطع بعد موته إلا من ثلاث أحدهم: علم ينتفع به.

أردت أن أقدم عملا باللغة العربية عن **المبادئ والمفاهيم الأساسية لتقنية الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب** بما يناسب طلاب المرحلة الجامعية ، وربما إن وهبني الله عز و جل عمرا و صحة أن أكمل هذا العمل في كتب آخري أكثر تعمقا لهذه التقنية. وأود أن أشير إلي تجربتي السابقتين لتأليف كتابين باللغة العربية عن تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع (الجي بي أس) وكتاب مبادئ علم المساحة وهما موجودين مجانا في عدد كبير من مواقع الانترنت.

قمت بتقسيم الكتاب إلي جزأين أحدهما للمفاهيم النظرية للخرائط و الإحداثيات والقياس علي سطح الأرض والثاني للتدريب علي أهم برامج الكمبيوتر المستخدمة في تطوير الخرائط الرقمية (**الارك ماب و السيرفر و الجلوبال مابر و الجوجل ايرث**) . لكن لا يمكن شرح وتعليم كل إمكانيات البرامج في كتاب واحد فاكتفيت بأساسياتها فقط ومن هنا جاء اسم الكتاب كمدخل إلي الخرائط الرقمية.

أدعو كل قارئ و كل مستفيد من هذا الكتاب أن يدعو الله تبارك و تعالي أن يغفر لي و لوالدي ، وأيضا ألا يحرمني من رأيه و تعليقاته وتصويباته - فلا يوجد كتاب إلا و به نواقص و أخطاء - سواء عبر البريد الالكتروني أو عبر منتدى الهندسة المساحية في:

http://surveying.ahlamontada.com/

بسم الله الرحمن الرحيم ..... **وقل ربي زدني علما** .... صدق الله العظيم.

جمعة محمد داود
dawod_gomaa@yahoo.com

مكة المكرمة: شعبان ١٤٣٣ هـ الموافق يوليه ٢٠١٢ م

إهداء

إلي روح والدي رحمهما الله و أسكنهما فسيح جناته .....

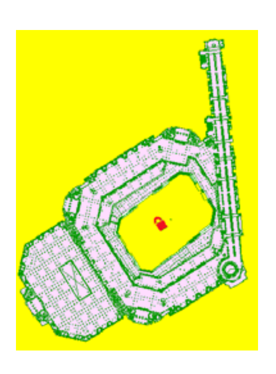
إلي كل أساتذتي الذين تشرفت بالتعلم علي أيديهم ....

إلي زوجتي و شريكة عمري د. هدي فيصل .....

إلي ابنتي الحبيبية ..... ***سلمي*** ....

وأخيرا (إن كان يصح لي أن أتجاوز قدري):

إلي ***مكة المكرمة*** التي شرفني خالقي بالعيش في رحابها لعدة سنوات .....



شكر

أتوجه بالشكر لزميلتي بجامعة أم القرى بمكة المكرمة الأستاذة (الدكتورة قريبا بمشيئة الله) **منال علي عبد الرحمن** لتفضلها بمراجعة الجزء العملي من الكتاب وإبداء ملاحظاتها القيمة الناتجة عن خبرتها الجيدة ببرامج الخرائط و نظم المعلومات الجغرافية.

المحتويات

المحتويات

المحتويات

المحتويات

المحتويات

المحتويات


الخرائط الرقمية
الجزء الأول: الأساس النظرى

الفصل الأول

الخرائط التقليدية و الرقمية

تعد الخريطة من أقدم الوسائل التي أبتكرها الإنسان منذ ألاف السنين ليرسم من خلالها مظاهر المكان الذي يعيش به ويضع بها المعلومات التي يريد أن يحتفظ بها لنفسه أو ينقلها لغيره. أي بلغة عصرنا الحالي فأن الخريطة هي قاعدة بيانات متعددة الأغراض Multi-purpose Database للمكان و البيئة من حولنا. بالرغم من أن الجغرافيون هم أول من أبتكر الخرائط و اهتموا بتطويرها إلا أن علم الخرائط يقوم علي إسهامات العديد من التخصصات العلمية مثل الهندسة المساحية والتصوير الجوي والرياضيات و الإحصاء والحاسب الآلي.

مع التقدم التقني الهائل الذي شهده القرن الماضي فقد تغيرت النظرة العامة للخريطة، فلم يعد مصطلح "الخريطة" يعني الخريطة الورقية المطبوعة Paper or printed maps فقط بل تم ابتكار الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب Digital maps وأيضا تم تطوير الخرائط المحمولة Portable maps (الموجودة في الأجهزة الالكترونية المحمولة يدويا مثل الجوالات أو الموبايلات أو أجهزة تحديد المكان الجي بي أس) والخرائط الفراغية أو الافتراضية Space maps (الخرائط الموجودة علي شبكة الانترنت مثل خرائط الجوجل). ولم تعد الخرائط تختص فقط بتمثيل مظاهر أو معالم سطح الأرض بل تم تطوير خرائط لأعماق البحار و المحيطات وخرائط لمجال الجاذبية الأرضية وخرائط للمجال المغناطيسي للأرض، بل أن الخرائط قد تعدت كوكب الأرض ذاته ليصبح لدينا خرائط للأجرام السماوية الأخرى.

١-١ الخريطة الورقية و الخريطة الرقمية

تعرف الخريطة علي أنها: تمثيل مصغر لسطح الأرض - أو جزء منه - مبني علي أساس رياضي خاص، ويظهر توزيع و حالة وعلاقات المعالم الطبيعية والبشرية باستخدام رموز خاصة منتقاة لوظيفة كل خريطة.

في بداية المعرفة البشرية قام الإنسان برسم الخريطة علي لوحات من الصلصال (الخرائط البابلية) ثم علي ورق البردي (الخرائط المصرية القديمة) ثم علي جلد الحيوانات إلي أن تم اختراع الطباعة مع بدء عصر الثورة الصناعية في أوروبا. في منتصف القرن العشرين الميلادي تم ابتكار أجهزة الكمبيوتر (الحاسوب أو الحاسبات الآلية) والذي كان من أهم تطبيقاته ظهور الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب. تعتمد الخرائط الرقمية علي التعامل مع برامج حاسوبية متخصصة لرسم وإعداد الخرائط، ومعظم هذه البرامج سهلة الاستخدام ولا تحتاج لتدريب طويل وتقوم فكرتها الأساسية علي أن المستخدم لديه الأساس النظري و العلمي الذي يمكنه من إعداد الخريطة بصورة سليمة و علمية. وبناءا علي هذا الافتراض فأن البرنامج يضم العديد من الخيارات – في كل خطوة من خطوات إعداد الخريطة – وعلي المستخدم أن يحدد الخيار المناسب طبقا للأسس العلمية السليمة. وهنا تظهر أهم مشاكل الخرائط الرقمية.

إن إعداد و صناعة الخريطة علما في حد ذاته ويسمي علم الكارتوجرافيا Cartography له أسسه و مبادئه و نظرياته. كلمة الكارتوجرافيا مكونة من مقطعين: كارتو بمعني خريطة و جرافيا بمعني رسم، أي أن الكارتوجرافيا هي علم و فن و تقنية إعداد الخرائط. يدرس علم الكارتوجرافيا طرق معالجة البيانات المكانية التي تم قياسها في الطبيعة و كيفية تمثيلها تمثلا هندسيا سليما علي الخريطة (سواء كانت ورقية أو رقمية). ينقسم هذا الهدف إلي جزأين: أولا

كيفية التعامل مع الخصائص الهندسية لهذه القياسات المساحية (من حيث وحداتها و أنواعها ونظم القياسات المختلفة) وطرق تحويلها إلي رسم مصغر (مقياس رسم الخريطة)، ثانيا الأساليب الإحصائية لتقسيم البيانات المطلوب إظهارها علي الخريطة. أي أن راسم الخريطة mapmaker لا بد أن يلم بأساسيات علم المساحة و علم الإحصاء. فان لم يكن كذلك فأن المنتج النهائي (الخريطة) لن تكون سليمة تماما من الناحية العلمية. لكي نوضح هذا المفهوم الهام في دراسة الخرائط الرقمية فنأخذ مثالا بسيطا: إذا أردنا إعداد خريطة رقمية لمدينة مكة المكرمة علي سبيل المثال وقمنا بالحصول علي خريطة أحياء مكة المكرمة من أمانة (أي محافظة) العاصمة المقدسة وأيضا خريطة للطرق و الشوارع من وزارة النقل و المواصلات. فإذا قمنا فعلا باستخدام أحد برامج رسم الخرائط وتم إعداد ملف لكل خريطة منهما وعند ضم الملفين في مشروع واحد وجدنا أن هناك إزاحة (فرق إحداثيات) بين نفس المواقع الجغرافية في كلتا الخريطتين أو الملفين، هل نقول أن أحد الملفين به خطأ؟ أم أين تكمن هذه المشكلة؟ ربما يكون السبب الرئيسي لهذا الاختلاف هو أن كل خريطة لها نظام إحداثيات أو مرجع جيوديسي مختلف عن الآخر، فمثلا الخريطة الأولي مرسومة باستخدام المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 بينما الخريطة الثانية مرسومة علي المرجع الوطني السعودي (عين العبد ١٩٧٠) فإذا قمنا بضم الخريطتين معا فلن تنطبق المعالم المتشابهة بكل تأكيد بسبب اختلاف المراجع. فان لم يكن راسم الخريطة mapmaker ملما بهذا الأساس العلمي (اختلاف المراجع) فلن يستطيع حل هذه المشكلة بالطبع. ولذلك فأن تعلم (و إتقان) أحد برامج رسم الخرائط الرقمية لا يغني المتخصص عن دراسة الأسس النظرية الهندسية والجغرافية لعلم الخرائط (والتي سنستعرضها تفصيلا في الفصول القادمة).

أيضا يجب علي راسم الخرائط أن يلم أيضا بمبادئ علم المساحة وطرق القياسات الميدانية لأن هذه القياسات هي التي سيعتمد عليها إنشاء الخريطة مطبوعة كانت أو رقمية، وإلا سيقع في بعض المشاكل و الأخطاء. فعلي سبيل المثال إذا قيست مسافة في الطبيعة (بأي وسيلة مساحية) فأن المسافة التي سيتم رسمها علي الخريطة لن تساوي نفس المسافة المقاسة! يرجع السبب في هذا الاختلاف إلي أن المسافة المقاسة في الطبيعة تكون هي المسافة المباشرة أو المسافة المائلة بين النقطتين، بينما تعد الخريطة مسقط أفقي لسطح الأرض مما يدل علي أن المسافة علي الخريطة هي المسافة الأفقية بين النقطتين. وكلما زاد فرق الارتفاع بين النقطتين في الطبيعة كلما زاد الفرق بين قيمتي المسافة المائلة و المسافة الأفقية، ويكون هذا الفرق كبيرا في المناطق مختلفة التضاريس أو المناطق الجبلية بينما تصغر قيمته في المناطق المنبسطة أو المستوية. فمثلا إذا كانت المسافة المائلة بين نقطتين ١٠٠٠ متر وكان فرق الارتفاع بينهما ٥٠ متر فأن المسافة الأفقية ستكون ٩٩٨.٧٥ متر، بينما إن كان فرق الارتفاع بين النقطتين ٢٠ مترا فقط فأن المسافة الأفقية ستكون ٩٩٩.٨٠ مترا. وبالطبع إن كانت الأرض مستوية تماما (فرق الارتفاع يساوي صفر) فأن المسافة الأفقية ستساوي قيمة المسافة المائلة.

١-٢ خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية

يلتبس الكثيرون ويخطأون في تحديد الفرق بين تقنية خرائط الحاسوب Computer Mapping وتقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems المعروفة اختصارا باسم GIS. يؤدي هذا الالتباس إلي أن معظم المستخدمين يدعون أنهم متخصصون في نظم المعلومات الجغرافية بينما هم في حقيقية الأمر متخصصين في الخرائط الرقمية أو خرائط الحاسوب. كذلك توجد عدة رسائل أكاديمية في الجامعات العربية ويضم عنوان الرسالة فقرة "باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" لكن عند مطالعة محتويات الرسالة نجدها تتضمن فقط إنشاء الخرائط الرقمية ولا تمس جوهر تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

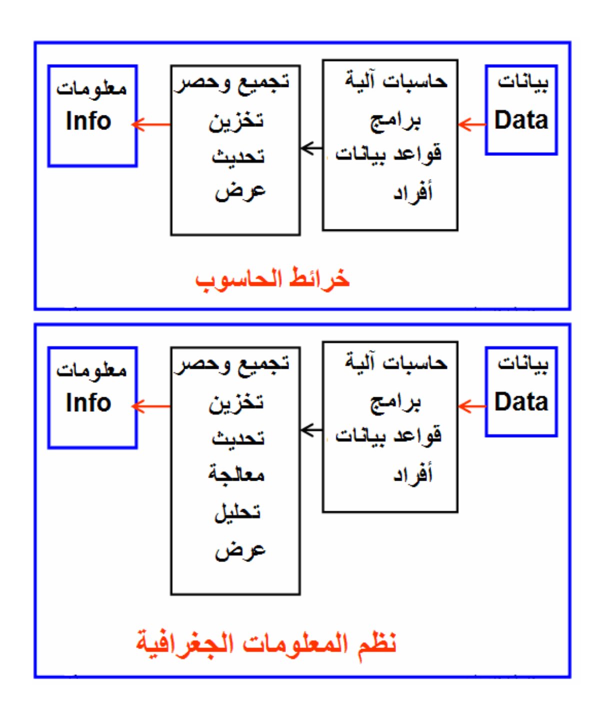
وربما يعود هذا اللبس – في جزء منه – إلي أن برامج الحاسوب تكون واحدة في كلا التطبيقين، فيمكن مثلا استخدام برنامج Arc GIS في إعداد الخرائط الرقمية مع أنه في الأساس برنامج لنظم المعلومات الجغرافية.

تعرف نظم المعلومات الجغرافية بعدة طرق منهم تعريف مؤسسة ESRI الأمريكية (معهد بحوث النظم البيئية) : نظم المعلومات الجغرافية هي مجمع متناسق يضم مكونات الحاسب الآلي و البرامج و قواعد البيانات والأفراد المدربين ويقوم هذا المجمع بحصر دقيق للمعلومات المكانية و غير المكانية و تخزينها و تحديثها و معالجتها و تحليلها و عرضها. يكاد هذا التعريف ينطبق جزئيا علي تقنية خرائط الحاسوب، إلا في جزء واحد فقط ألا وهو معالجة و تحليل البيانات. لإعداد خريطة رقمية فالمستخدم - المدرب تدريبا جيدا - يحصل علي البيانات المطلوبة (سواء البيانات المكانية أو البيانات غير المكانية) من عدة مصادر ثم يقوم بإدخال هذه البيانات للكمبيوتر باستخدام البرامج المتخصصة ويخزنها في قواعد بيانات رقمية ثم يتبع الأساليب الكارتوجرافية السليمة لإعداد الخريطة الرقمية المطلوبة.

إن الهدف الرئيسي من تقنية الخرائط الرقمية هو استخدام الأجهزة الحديثة لإعداد نسخة رقمية من بيانات تم الحصول عليها من خرائط قديمة (مطبوعة كانت أو رقمية) أو من مرئيات فضائية و صور جوية أو بيانات تم قياسها في الطبيعة (بأجهزة المساحة الأرضية أو أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف باسم GPS) ثم تخزين كل هذه البيانات المتعددة في بيئة رقمية داخل الكمبيوتر لكي يتم إعداد خريطة رقمية تمثل معالم المنطقة المطلوب دراستها. أما تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS فتشمل كل ما سبق – الخرائط الرقمية – بالإضافة إلي معالجة البيانات (تنفيذ عمليات حسابية و إحصائية لاشتقاق معلومات جديدة) ثم تحليل هذه البيانات (تحليلا إحصائيا و تحليلا مكانيا) بهدف دراسة مشكلة معينة في موقع جغرافي محدد بهدف الوصول إلي فهم توزيع الظاهرة قيد الدراسة سواء مكانيا أو في قيمتها المطلقة ومن ثم محاولة الوصول إلي حلول جديدة لهذه المشكلة.

لتوضيح هذا الفرق الرئيسي بين خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية فلنأخذ مثالا بسيطا: لإنشاء خريطة لتوزيع مواقع المدارس في مدينة مكة المكرمة فسيقوم المتخصص في الخرائط الرقمية بإنشاء خريطة أساس للمدينة (من خرائط ورقية مثلا) ثم سيقوم بتحديد مواقع المدارس في الطبيعة (بأجهزة GPS علي سبيل المثال) ثم سيقوم بتجميع البيانات غير المكانية للمدارس (نوع المدرسة و المرحلة التعليمية و عدد الطلاب ...الخ) ثم سيقوم بإنشاء قاعدة بيانات رقمية لهذه البيانات المكانية و غير المكانية للمدارس في مدينة مكة المكرمة. ومن ثم يمكن لهذا المستخدم إنشاء عدد من الخرائط الرقمية (وطباعتها بعد ذلك) لتوزيع المدارس في مكة المكرمة سواء جميع المدارس أو خريطة لتوزيع المدارس في كل مرحلة تعليمية معينة وكذلك خرائط موضوعية كمية لتوزيع عدد الطلاب و عدد المعلمين في كل مدرسة ... وهكذا. فان قام المستخدم بكل هذه الخطوات فيكون قد أدي عمله تماما كراسم خرائط رقمية. أما المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية فسيكون لديه عدة أهداف أو خطوات أخري قبل أن يكمل هذا المشروع التطبيقي. فعلي سبيل المثال فعلي هذا المتخصص أن يدرس نمط توزيع المدارس في هذه المنطقة الجغرافية وهل هو نمط منتظم يغطي كافة أنحاء المدينة أم نمط متجمع في بقعة محددة، وبالتالي يحدد إن كانت هناك حاجة لإنشاء مدارس جديدة في هذه المدينة لكي يصبح توزيع المدارس منتظما ويلبي حاجة كافة سكان المدينة أم لا. كما أن هذا المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية – ربما – سيقوم أيضا بدراسة موقع كل مدرسة وهل هو يلبي الاشتراطات والمواصفات المتعارف عليها لمواقع المدارس أم لا. ومن خلال التحليلات المكانية يقوم بتحديد معامل ملائمة لكل مدرسة ليقيس من خلاله درجة ملائمة موقع المدرسة

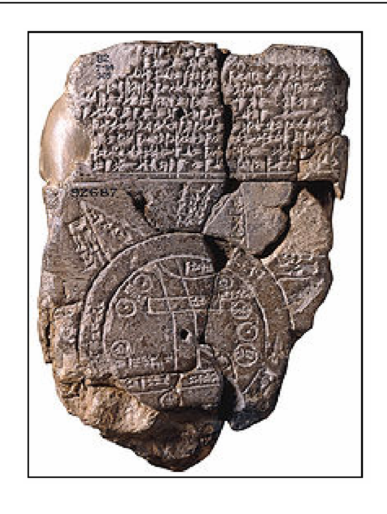
للمواصفات المكانية المحددة، وبالتالي يقوم بإعداد تقرير عن المدارس المقامة في مواقع غير آمنه من الناحية الهندسية و البيئية. وربما قام متخصص نظم المعلومات الجغرافية أيضا بالمضي قدما - في دراسته لهذه الظاهرة – ليحدد أنسب المواقع الجغرافية المناسبة لإنشاء مدارس جديدة في هذه المنطقة سواء من حيث حاجة سكان أحياء المدينة أو من حيث اختيار مواقع ملائمة توافي متطلبات مواصفات إنشاء المدارس. أيضا سيقوم هذا المتخصص بمحاولة التنبؤ الإحصائي المستقبلي لعدد المدارس المطلوبة بعد عدة سنوات وإعداد توقعات بمواقع و أنواع المدارس. وخلاصة القول – من هذا المثال البسيط – أن إعداد خرائط رقمية أيا كان نوعها و عددها وألوانها المبهرة الجميلة هو تطبيق لتقنية خرائط الحاسوب وليس استخداما كاملا أو علميا لوظيفة نظم المعلومات الجغرافية.



شكل (١-١) الفرق بين خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية

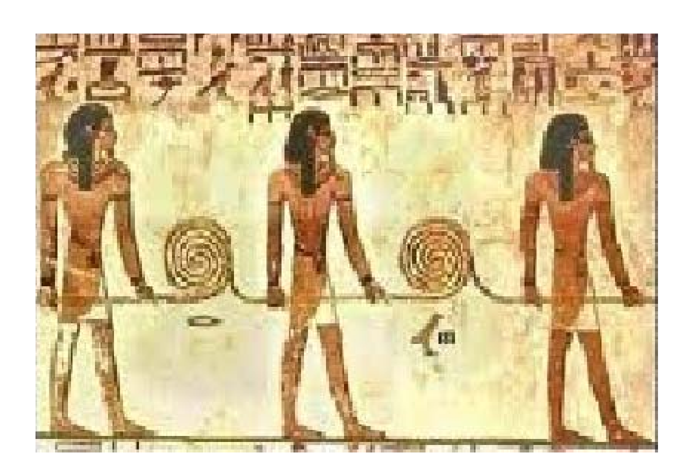
١-٣ التطور التاريخي للخرائط

عرفت البشرية الخرائط ربما قبل أن تعرف الكتابة ! فقد وجدت بعض الآثار القديمة التي تدل علي أن الشعوب البدائية تمكنت من الرسم علي الجلود رسما بسيطا لبعض الطرق للوصول لمواقع معينة. أما أقدم الخرائط المعروفة فتعود للحضارة البابلية في العراق (حوالي ٢٥٠٠ عام قبل الميلاد) حيث أنشأت الخرائط كأساس لتقدير الضرائب وكانت ترسم علي لوحات من الصلصال المحروق. توجد في متحف آثار جامعة هارفارد الأمريكية أقدم خريطة بابلية معروفة باسم "خريطة جاسور" التي تم اكتشافها في مدينة جاسور شمال بابل وهي عبارة عن لوح من الصلصال مساحته ٧ × ٩ سنتيمتر موضحا عليها جزء من نهر و ما يحيط به من مرتفعات و تلال.



شكل (١-٢) خريطة بابلية قديمة

أسهمت الحضارة الفرعونية في مصر القديمة إسهاما قويا في تطور علم الخرائط حيث برع قدماء المصريين في علوم المساحة و الفلك و الرياضيات. أيضا كان الهدف الأساسي من وضع الخرائط حينئذ هو تقدير الضرائب علي الأراضي الزراعية، إلا أن قدماء المصريين كانوا يرسمون الخرائط علي ورق البردي المعرض للتلف سريعا مما جعل الخرائط المصرية القديمة نادرة في وجودها حتى اليوم. أقدم الخرائط المصرية المعروفة موجودة في متحف تورينو ويعود تاريخها إلي عام ١٣٢٠ قبل الميلاد وتوضح موقع أحد مناجم الذهب في جنوب مصر وما يحيط بهذه المنطقة من معالم جغرافية مثل الطرق و الأنهار و الجبال.



شكل (١-٣) قياس المسافات بالحبل بهدف رسم الخرائط عند قدماء المصريين

أيضا ساهمت الحضارة الصينية القديمة في علم الخرائط إسهاما فاعلا حيث قام العالم "بي هيسين" في حوالي عام ٢٢٧ قبل الميلاد بوضع أسس لعلم صناعة الخرائط (علم الكارتوجرافيا) عند صنع الخرائط لكافة مناطق الحضارة الصينية التي امتدت من إيران غربا إلي اليابان شرقا. ربما ترجع البداية الحقيقية العلمية للكارتوجرافيا إلي الحضارة الإغريقية التي بنيت علي مبادئ المساحة و الفلك و الرياضيات التي عرفتها الحضارات البابلية و الفرعونية و الصينية ثم محاولة رسم خرائط للعالم كله (المعروف في ذلك الوقت). ومن أشهر الخرائط العالمية الإغريقية "خريطة هيرودوت" جوالي عام ٥٠٠ قبل الميلاد و"خريطة ايراتوستين" حوالي ٢٠٠ عام قبل الميلاد وهو الذي شغل منصب أمين مكتبة الإسكندرية في ذلك الوقت وقام

بأول محاولة علمية لحساب محيط الأرض. أما رائد علم الكارتوجرافيا العلمية فهو العالم الكبير "بطليموس" – حوالي ١٠٠ عام قبل الميلاد - والذي ظلت نظرياته عن الجغرافيا و الخرائط قائمة لمدة أربعة عشر قرنا حتى حلت مكانها نظريات نيوتن في العصر الحديث.



شكل (١-٤) خريطة بطليموس

عني الدين الإسلامي منذ بدايته بالعلم علي اختلاف أنواعه و مذاهبه وحث المسلمين علي التعلم و طلب العلم مهما بعد المكان. ومع ازدياد رقعة الدولة والحضارة الإسلامية أهتم علماء المسلمين بعلوم الخرائط و الجغرافيا و الفلك و الرياضيات، فقاموا أولا بترجمة الكتب والنظريات الجغرافية السابقة إلي اللغة العربية ثم قاموا بالإبداع العلمي و تطوير هذه الأسس بصورة علمية دقيقة للغاية. فقد قام العالم الإسلامي الكبير "محمد بن موسي الخوارزمي" بوضع الأسس الرياضية لعلم الجغرافيا في كتابه "صور الأرض" في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي. تجدر الإشارة إلي أن الحضارة الأوروبية قد أنصف إسهامات هذا العالم الكبير وتخليدا له فقد تم إطلاق أسم خوارزم Algorithm علي عملية و خطوات تطوير برامج الكمبيوتر. كما قام "أبو زيد أحمد بن سهل البلخي" بإعداد أطلس يضم مجموعة من الخرائط وهو المعروف باسم أطلس البلخي أو أطلس الإسلام. أما أشهر صناع الخرائط المسلمين فهو "أبو حسن علي المسعودي" والذي تعتبر خريطته أدق الخرائط العربية التي تحدد معالم العالم في ذلك الوقت، وأيضا العالم الكبير احمد بن عبد الله الإدريسي - في النصف الأول من القرن الثاني عشر الميلادي - والذي يعد كتابه "نزهة المشتاق في أخبار الآفاق" من أعمدة الكتب الجغرافية النفيسة وأحتوي الكتاب علي خريطته الشهيرة للعالم.



شكل (١-٥) خريطة العالم للإدريسي

مع بدء عصر النهضة في أوروبا تم ترجمة الكتب العربية إلي اللغات الأوروبية ومن ثم انتقلت أسس الجغرافيا والخرائط التي سادت الحضارة الإسلامية إلي أوروبا، وبدأ العلماء في تحسين الخرائط القديمة وإضافة المعالم والمناطق الجغرافية التي لم تكن معروفة سابقا وتوالت ظهور الخرائط في الدول الأوروبية فيما بين عامي ١٤٢٥م و ١٤٦٠م. وظهرت الطباعة في هذه الفترة مما ساعد علي إنتاج مئات بل آلاف الخرائط بسهولة لم تكن معروفة فيما قبل حيث كانت الخرائط تعتمد علي الرسم اليدوي. ويعد "جيرار ميريكاتور" من أشهر علماء الكارتوجرافيا في أوروبا بعد بطليموس حيث صنع خريطة لأوروبا في عام ١٥٥٤م وأعقبها بنشر خريطته للعالم في عام ١٥٦٩م (٩٧٦ هـ) ثم ظهر الجزء الأول من الأطلس الذي قام بإعداده في عام ١٥٨٥م.

تميزت صناعة الخرائط مع بداية القرن التاسع عشر الميلادي بالدقة مع قيام الدول بإجراء عمليات مساحية منتظمة لقياس معالم سطح الأرض وخاصة في قارة أوروبا، مع بدء الحكومات في الاعتماد علي الخرائط في مجالات الإدارة والحكم وإدارة الموارد الطبيعية. يعد الاعتماد علي التصوير الجوي في إنشاء الخرائط من أهم أسباب تطور صناعة الخرائط في القرن العشرين حيث توفر الصور الجوية كما هائلا من البيانات المكانية في وقت سريع و بتكلفة مناسبة. وفي عام ١٨٩١م (١٣٠٨ هـ) ناقش المؤتمر الجغرافي الدولي الخامس أول فكرة إنشاء خرائط تغطي العالم كله بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠٠٠٠ (لذلك سميت الخرائط المليونية) إلا أن المشروع لم يتم اعتماده وتحديد تفاصيله التنفيذية إلا في عام ١٩١٣م في المؤتمر الجغرافي الدولي في باريس بحضور ٣٤ دولة علي أن تقوم الجهة الحكومية المسئولة عن المساحة و الخرائط في كل دولة بتنفيذ وإعداد هذا النوع من الخرائط.

أما عن مدينة مكة المكرمة فقد ظهرت في خرائط بطليموس وتحديدا في الخريطة السادسة من خرائط قارة آسيا في كتابه "الجغرافيا". أما الخرائط الإسلامية – مثل الخريطة المأمونية للعالم التي وضعت في عهد الخليفة المأمون في القرن الثاني الهجري (التاسع الميلادي) – فقد اعتمدت علي وضع مكة المكرمة في مركز الخريطة احتراما لقدسيتها و موقعها في قلوب المسلمين. من أقدم الخرائط التفصيلية لمدينة مكة المكرمة خريطة الرحالة السويسري "بوركهارت" في عام ١٨١٤م (١٢٢٩ هـ) و الخريطة التي أنشأتها هيئة أركان الجيش العثماني في عام ١٨٨٠م (١٢٩٨ هـ) بمقياس رسم ١: ٢٠٠٠ وتمثل تفاصيل معالم المدينة المقدسة من شوارع و أزقة و مباني والقلاع العسكرية التي تحيط بالمدينة. وفي عام ١٩٦٤م (١٣٨٤ هـ) بدأ إنتاج الخرائط المعتمدة علي التصوير الجوي وتم إنتاج عدة خرائط بمقاييس رسم مختلفة للمدينة المقدسة. كما قامت الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع والطيران ومنذ عام ١٩٨٥م (١٤٠٦ هـ) بتطوير عدة خرائط طبوغرافية لمكة المكرمة.



عام ١٤٨٢ م (٨٨٧ هـ)

عام ١٥٦٥ م (٩٧٢ هـ)



عام ١٦٦٤ م (١٠٧٤ هـ)

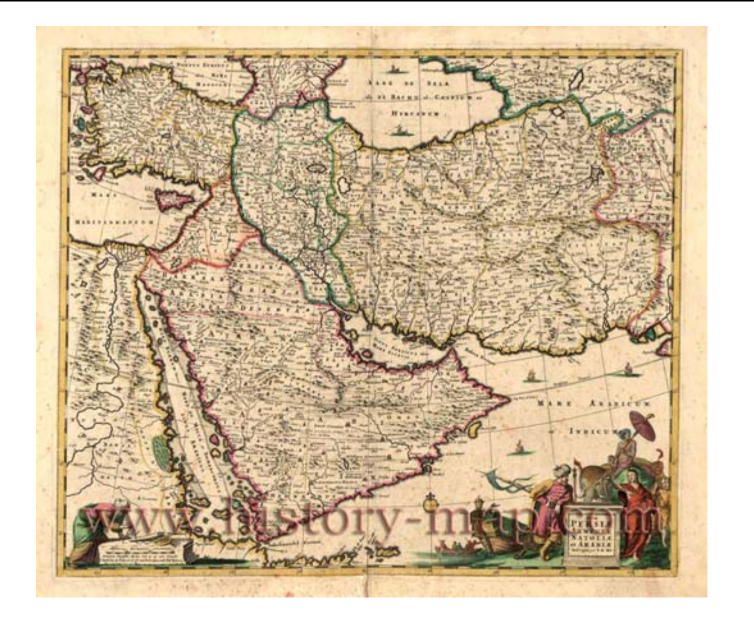


عام ١٧١٦ م (١١٢٨ هـ)

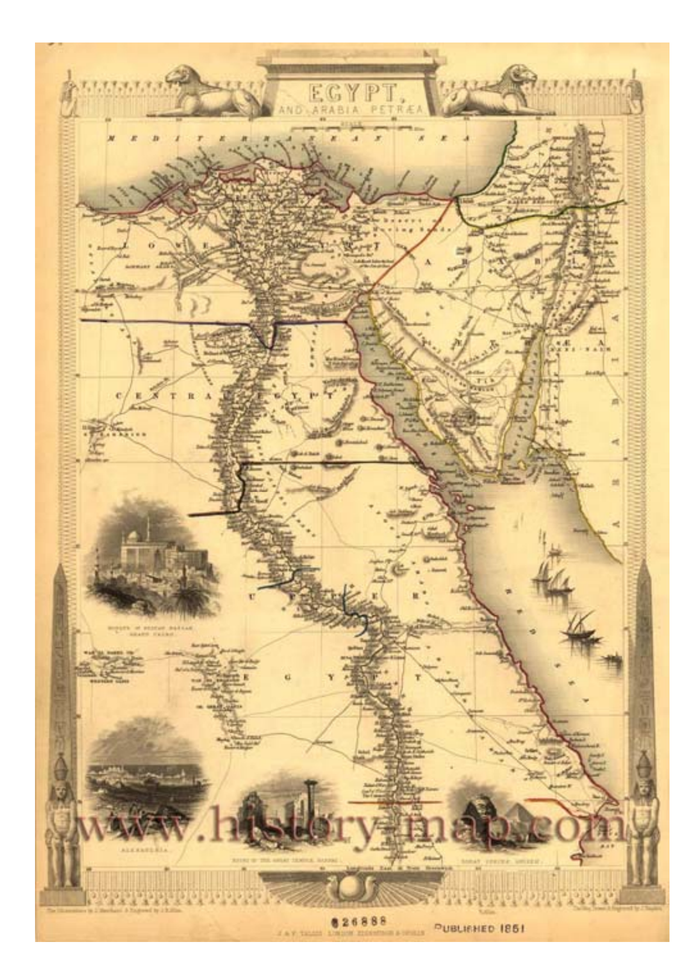


عام ١٨٠٨ م (١٢٢٣ هـ)

شكل (١-٦) نماذج للخرائط التاريخية للعالم

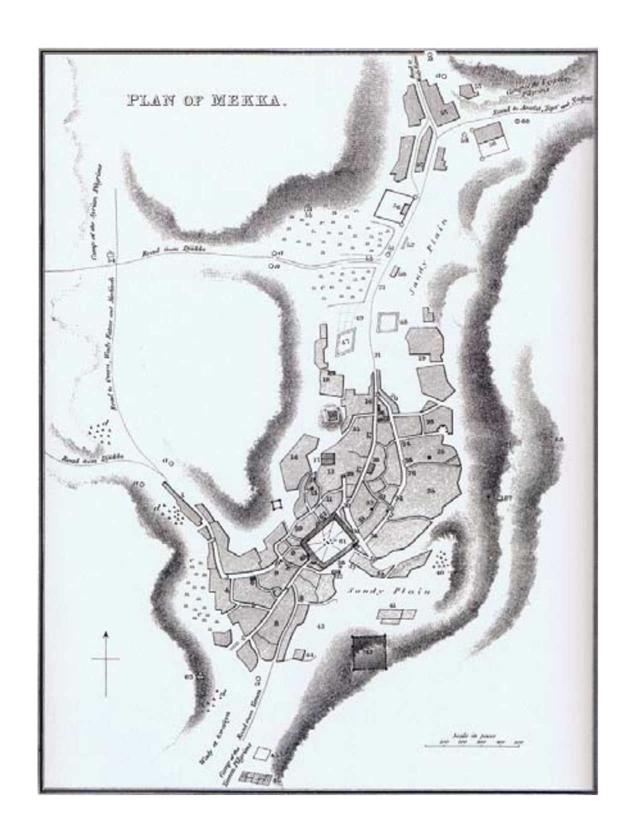


خريطة عام ١٦٦٦م (١٠٧٦ هـ) لشبة الجزيرة العربية

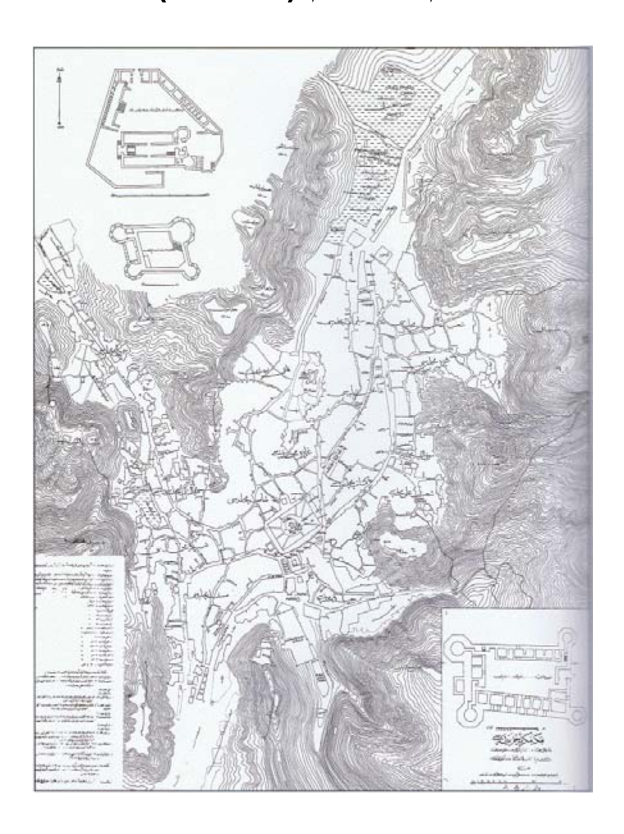


خريطة عام ١٨٥١ م (١٢٦٧ هـ) لمصر

شكل (١-٧) نماذج للخرائط التاريخية للعالم العربي



عام ١٨١٤ م (١٢٢٩ هـ)



عام ١٨٨٠ م (١٢٩٨ هـ)

شكل (١-٨) نماذج للخرائط التاريخية لمدينة مكة المكرمة

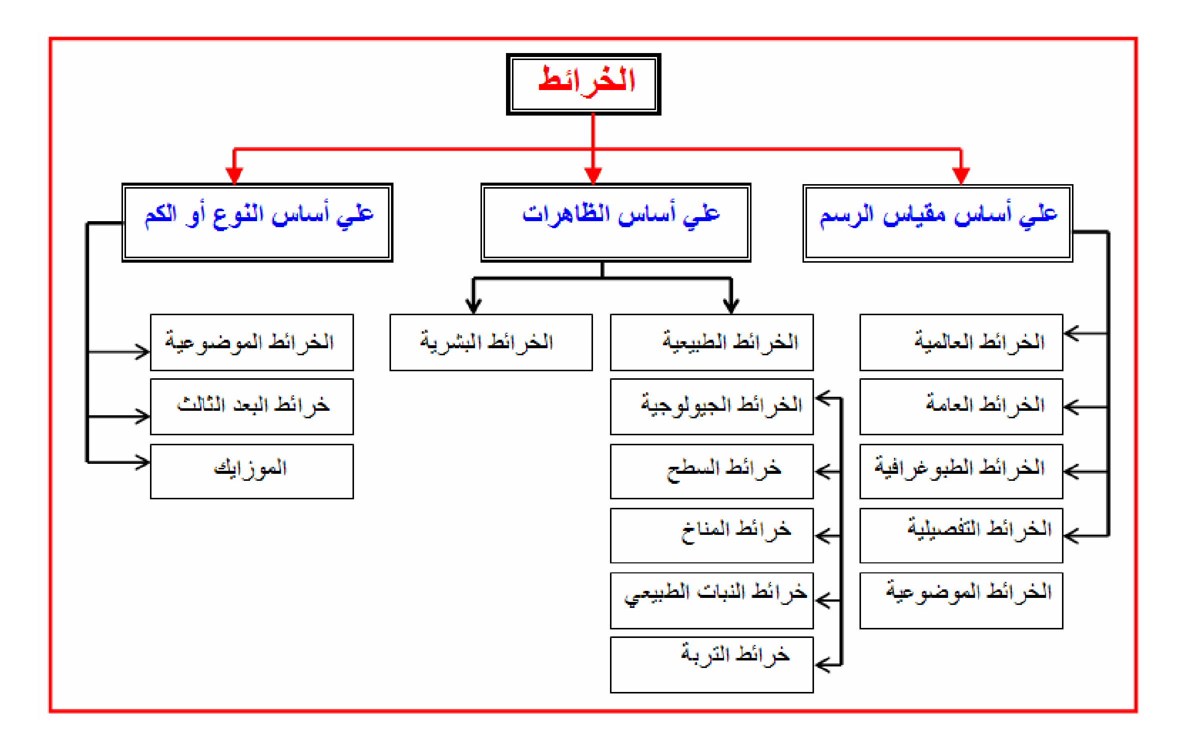
الفصل الثاني

أنواع وأساسيات الخرائط

تعد الخريطة من أهم الأدوات العلمية و التقنية للعاملين والمتخصصين في عدد كبير من المجالات تضم علي سبيل المثال المهندسين و الجغرافيين و المخططين. اكتسبت الخريطة أهميتها من كونها قاعدة بيانات ضخمة (مطبوعة كانت أو رقمية) لمنطقة جغرافية من سطح الأرض. من هنا فأن الإلمام بأنواع الخرائط و دراسة أساسياتها دراسة تفصيلية يعدا مطلبا جوهريا لكل من يتعامل معها.

٢-١ أنواع الخرائط

يختلف الكثيرون حول تصنيف أو تقسيم الخرائط إلي أنواع محددة وربما يرجع هذا الاختلاف إلي اختلاف وجهات النظر نحو الخريطة ذاتها طبقا لمستخدميها وطريقة التعامل معها. بصفة عامة يمكن تصنيف الخرائط بناءا علي عدة أسس: (١) التصنيف بناءا علي مقياس الرسم، (٢) التصنيف بناءا علي الظاهرات أو المعالم الموجودة في الخريطة (التصنيف بناءا علي الاستخدام)، (٣) التصنيف بناءا علي كيفية تمثيل الظاهرة إن كان تمثيلا نوعيا أو كميا.



شكل (٢-١) أنواع الخرائط

٢-١-١ أنواع الخرائط بناءا علي مقياس الرسم

لا يمكن تمثيل العالم أو جزء منه علي قطعة من الورق تمثيلا حقيقيا بنفس الأبعاد، ومن ثم فأن الخريطة تعرف علي أنها "تصغير" لسطح الأرض والمعالم الموجودة به. وتسمي نسبة التصغير هذه بمقياس الرسم والذي لا بد أن يكتب علي الخريطة حتى يمكن الاستفادة منها وإلا أصبحت الخريطة مجرد رسم كروكي. وبناءا علي قيمة مقياس الرسم يمكن تصنيف الخرائط إلي عدة أنواع:

(أ) الخرائط العالمية أو الأطالسية:

الخرائط التي تظهر مساحات كبيرة من سطح الأرض ولذلك فهي ذات مقياس رسم صغير (العلاقة عكسية بين مقياس الرسم و مساحة المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة). يكون مقياس رسم هذا النوع من الخرائط ١ : مليون (وهنا تسمي الخرائط المليونية) أو أكثر. وغالبا تستخدم هذه الخرائط في الأطالس والكتب المدرسية ووسائل الإيضاح حيث أنها لا تضم الكثير من التفاصيل.

(ب) الخرائط العامة أو الجغرافية:

الخرائط التي ترسم بمقياس رسم صغير يقل عن ١ ، ٥٠٠،٠٠٠ وبذلك فهي تسمح ببيان حيز مكاني كبير بهدف إعطاء صورة عامة للمكان وأهم ما يميزه من ظواهر كبري.

(ج) الخرائط الطبوغرافية:

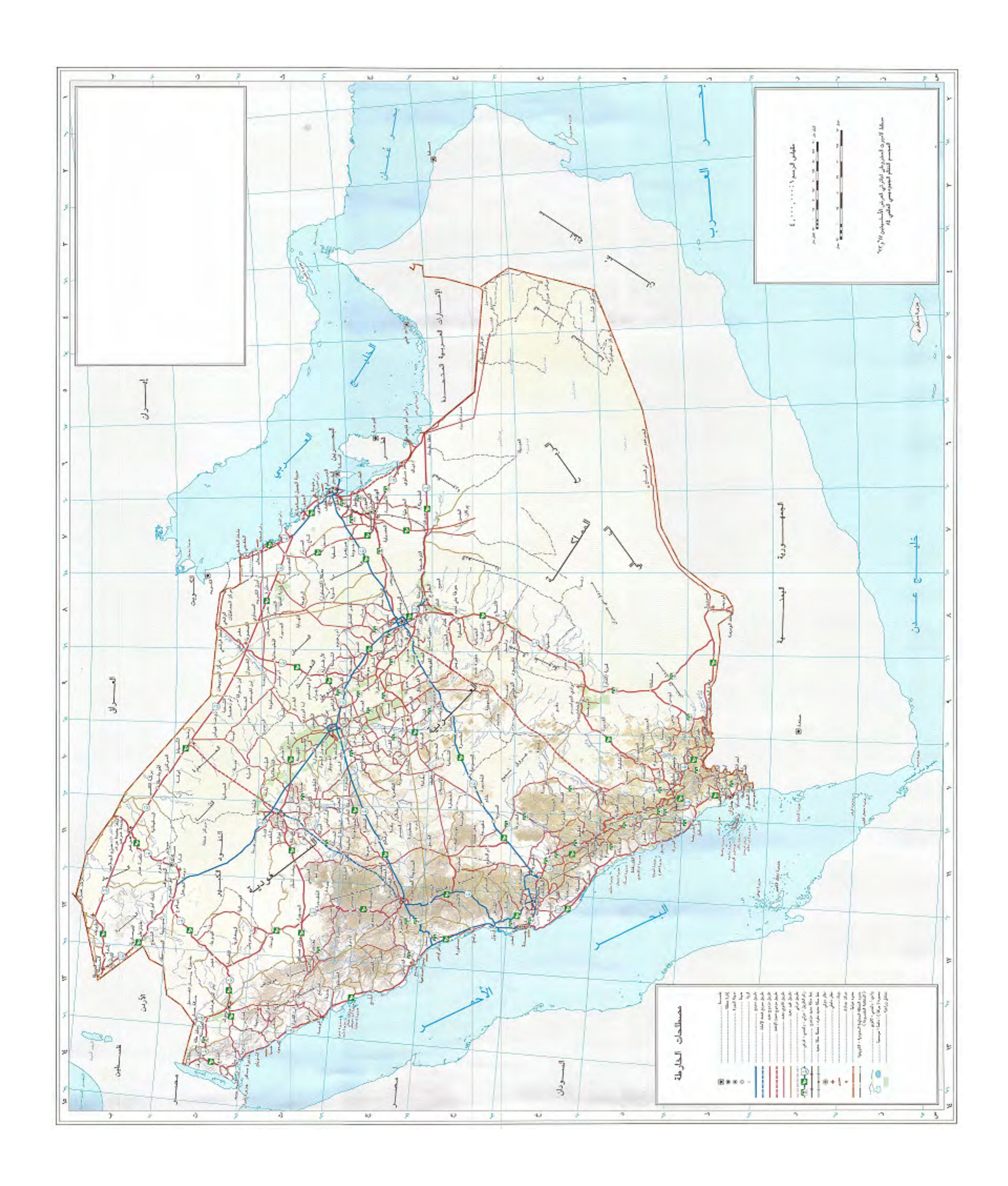
الخرائط ذات مقياس الرسم المتوسط (يزيد عن ١ : ٥٠٠،٠٠٠ و لا يقل عن ١ ، ٢٥،٠٠٠) مما يجعلها تظهر حيزا مكانيا أصغر من الخرائط العامة وتسمح أيضا بظهور بعض التفاصيل المكانية مثل القرى و المدن و طرق المواصلات والبحيرات و الغابات و الجزر. يري البعض أن أنسب مقياس رسم للخرائط الطبوغرافية هو ١ ، ٥٠،٠٠٠

(د) الخرائط التفصيلية أو الكادسترالية:

الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير (يزيد عن ١ : ١٠،٠٠٠) وبالتالي فهي تسمح بإظهار التفاصيل داخل حيز مكاني محدود المساحة. تنقسم الخرائط التفصيلية إلي نوعين: (١) الخرائط التفصيلية الزراعية (وتسمي في مصر بخرائط فك الزمام) ويكون مقياس رسمها غالبا ١ : ٢٥٠٠ وتهدف لبيان ملكيات و حدود قطع الأراضي في المناطق الريفية، و(٢) الخرائط التفصيلية المدنية (وتسمي في مصر بخرائط تفريد المدن) ويكون مقياس رسمها أكبر من ١ : ٥٠٠ وهي التي تظهر المظاهر الحضرية داخل المدن مثل المباني و الشوارع و خطوط المواصلات و المقابر.

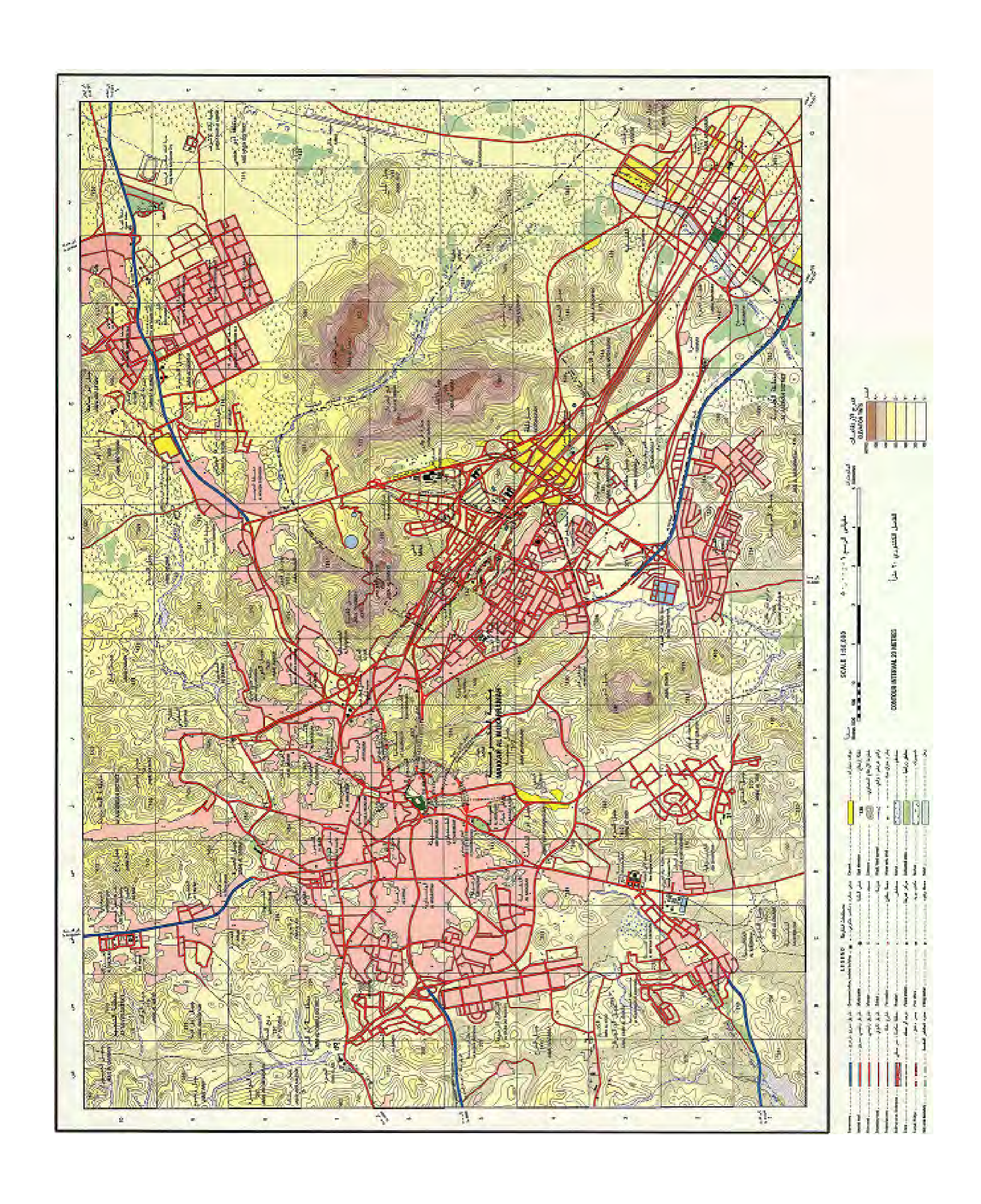
(ذ) الخرائط الموضوعية:

الخرائط التي تهتم بإبراز موضوع واحد (ظاهرة محددة) علي الخريطة، وقد يكون موضوع الخريطة ظاهرة طبيعية أو بشرية. لا يوجد مقياس رسم محدد لهذه الخرائط إنما يعتمد اختيار مقياس رسمها علي مساحة المنطقة الجغرافية الممثلة علي الخريطة.



شكل (٢-٢) خريطة أطالسية للمملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠

شكل (٢-٣) خريطة مليونية لجنوب غرب المملكة العربية السعودية



شكل (٢-٤) خريطة طبوغرافية لمدينة مكة المكرمة بمقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠

٢-١-٢ أنواع الخرائط بناءا على نوع الظاهرات

يمكن تقسيم الخرائط بناءا علي محتواها و الظواهر الممثلة بها (وأيضا بناءا علي الغرض الذي أنشئت الخريطة من أجله) إلي قسمين رئيسين وهما الخرائط الطبيعية و الخرائط البشرية.

تتناول **الخرائط الطبيعية** تمثيل المظاهر الطبيعية في بقعة جغرافية محددة وتشمل الخرائط التالية:

١. الخرائط الجيولوجية: توضح أنواع الصخور و أعمارها و طبيعة التكوينات الصخرية، وتمثل الخرائط الجيولوجية أساسا لفهم سطح الأرض ويتم استخدامها في الدراسات المتعلقة بالثروة المعدنية و مصادر الطاقة و مصادر المياه الجوفية وأيضا في إقامة المشروعات الهندسية المختلفة.

٢. الخرائط الكنتورية أو خرائط السطح: توضح الارتفاعات والانخفاضات في سطح الأرض وطبيعة الانحدارات والميول. تعد الخريطة الكنتورية من أهم أنواع الخرائط المستخدمة في إنشاء المشروعات الهندسية من طرق و جسور و سكك حديدية و شبكات الري و الصرف.

٣. الخرائط المناخية: الخرائط التي توضح عناصر المناخ المختلفة من حرارة و ضغط و رياح و أمطار وكذلك الخرائط التي تمثل الأقاليم المناخية المختلفة.

٤. الخرائط النباتية: توضح الأنماط النباتية المختلفة كالحشائش بأنواعها و الغابات، وتعرف هذه الخرائط أيضا باسم خرائط الأقاليم النباتية.

٥. خرائط التربة: تظهر الأنواع المختلفة للتربة في حيز مكاني معين.

تهتم **الخرائط البشرية** في الأساس بدراسة السكان من حيث العدد و النوع و التطور و التوزيع وأوجه نشاطهم المختلفة وكل الظواهر التي نتجت من فعل الإنسان. ومن أمثلة هذه الخرائط:

١. خرائط استعمالات الأراضي: تمثل أهم أنواع الخرائط البشرية إذ أنها تبين الاستخدامات الفعلية للأراضي سواء الزراعية أو الصناعية أو الخدمية ...الخ.

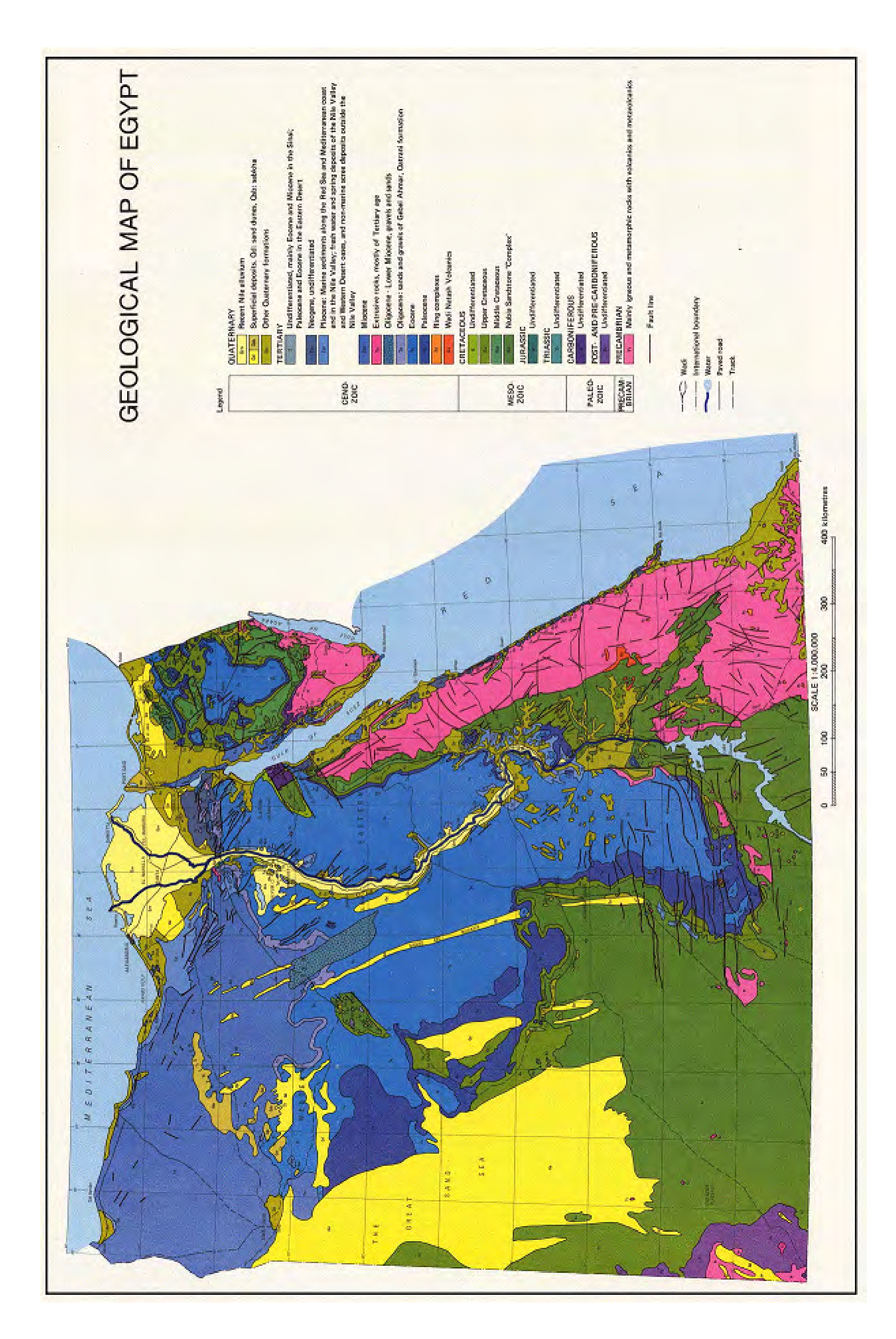
٢. الخرائط الإدارية: تظهر الحدود الإدارية علي اختلاف أنواعها سواء كانت لمحافظات أو مدن أو أحياء.

٣. خرائط السكان: توضح الظاهرات السكانية المتعددة مثل التوزيع و النمو و الهجرة و التركيب السكاني.

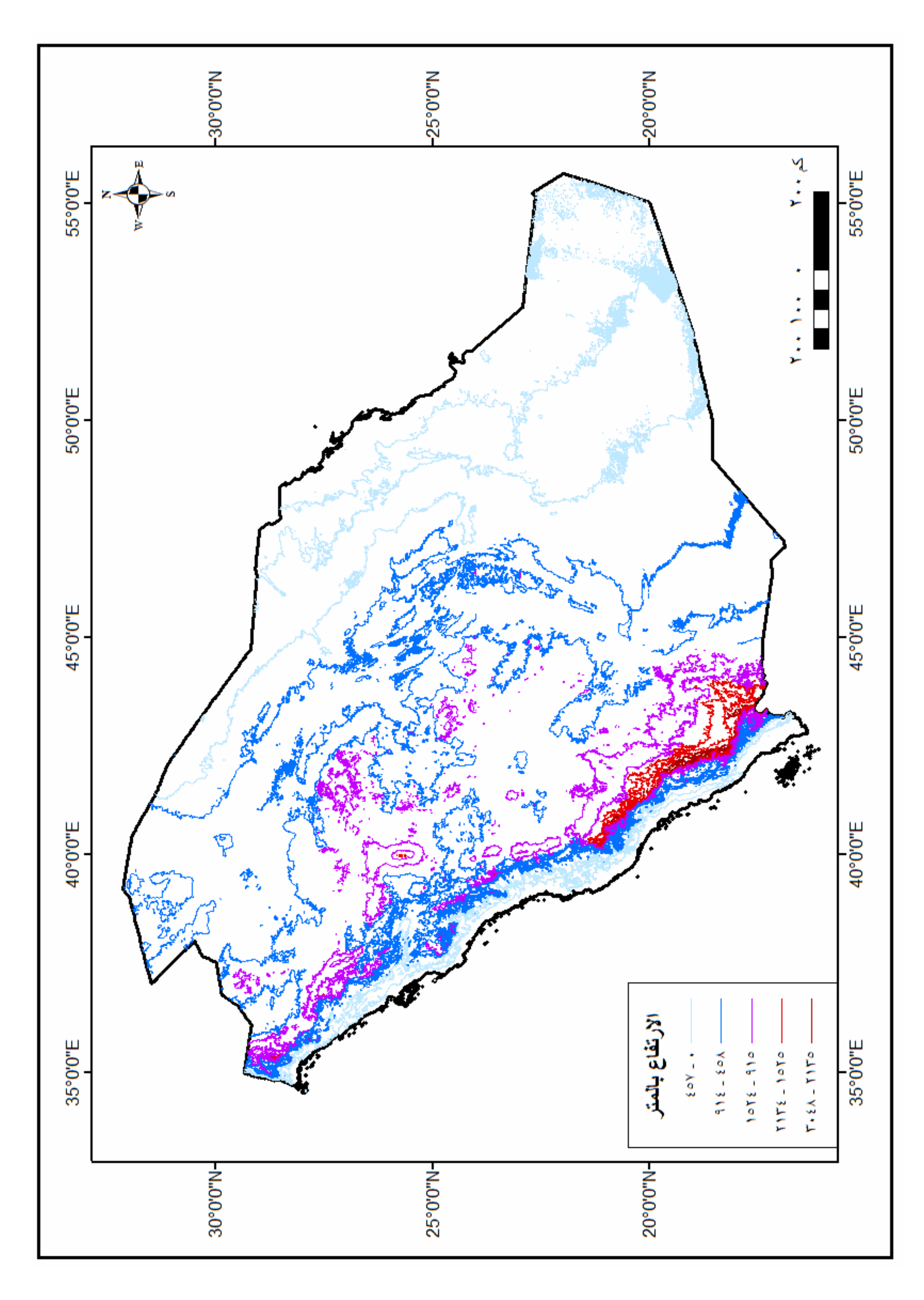
٤. الخرائط الاقتصادية: منها الخرائط الزراعية والخرائط الصناعية و الخرائط التعدينية وخرائط النقل و المواصلات.

٥. الخرائط السياسية: توضح الوحدات السياسية (الدول) والأقاليم و الاتحادات و الكتل السياسية والاندماجات والقوي السياسية و المياه الإقليمية و الحدود الدولية.

شكل (٢-٥) خريطة تربة لشمال شرق أفريقيا



شكل (٢-٦) خريطة جيولوجية لمصر



شكل (٢-٧) خريطة كنتورية للمملكة العربية السعودية

٢-١-٣ أنواع الخرائط بناءا على أساس النوع أو الكم

(أ) الخرائط الموضوعية:

تهتم الخرائط الموضوعية (أو الخرائط الخاصة) بتمثيل الظواهر الطبيعية و البشرية إما بأسلوب نوعي أو أسلوب كمي. إن كان الهدف من تمثيل الظاهرة هو إبراز أنواعها المختلفة وتوزيعاتها المكانية فتسمي الخريطة الموضوعية النوعية. أما في حالة كون الخريطة توضح نوع و حجم (قيمة) الظاهرة وتوزيعاتها المكانية فتسمي الخريطة الموضوعية الكمية. أيضا تسمي الخرائط الموضوعية الكمية باسم الخرائط الموضوعية الإحصائية حيث أنها تعتمد علي الطرق الإحصائية لتمثيل البيانات العددية علي الخريطة، ولا يحتاج هذا النوع من الخرائط إظهار الكثير من البيانات الطبيعية أو المكانية (مثل الأنهار و شبكه الطرق و المواصلات) علي الخريطة حيث ينصب الاهتمام هنا علي الاختلافات الكمية للظاهرة.

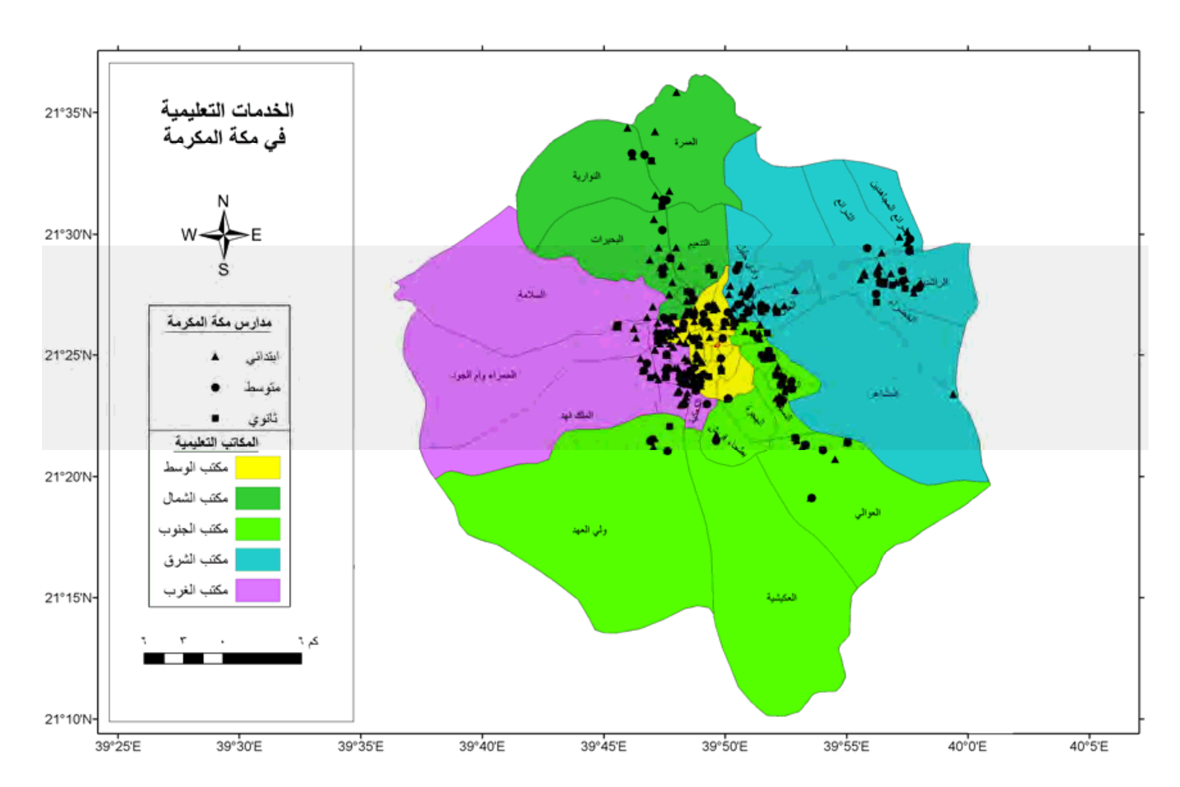
تشمل الخرائط النوعية عددا كبيرا من الأنواع – بناءا علي نوع الرموز المستخدمة في تمثيل الظاهرات – ومنها: خرائط الكوروبلث (للتوزيع الكمي) وخرائط الظلال أو خرائط الألوان (للتوزيع النوعي) وخرائط النقاط وخرائط الدوائر النسبية و خرائط الأعمدة البيانية وخرائط خطوط التساوي.

(ب) خرائط البعد الثالث 3D أو خرائط المجسمات:

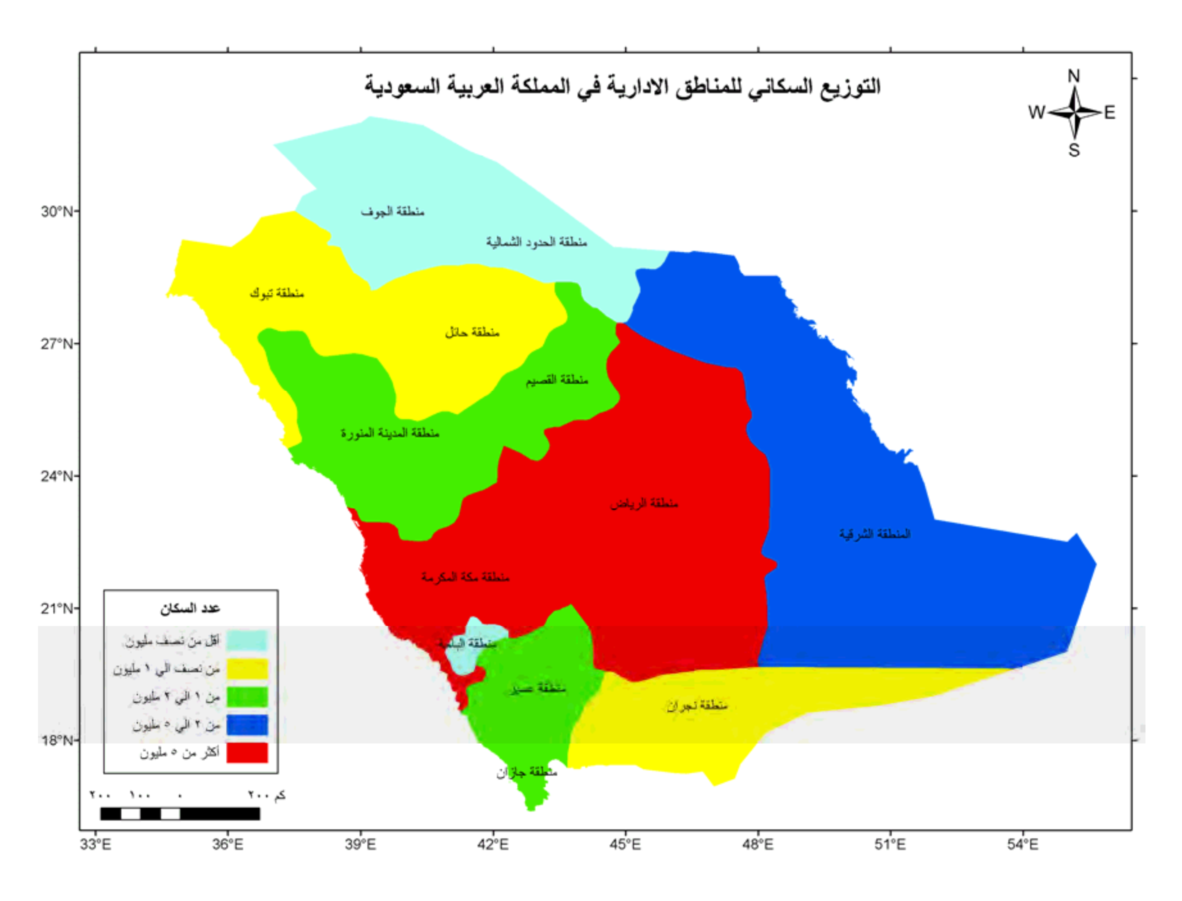
حيث يتم تمثيل سطح الأرض بأبعاده الثلاثة في صورة مجسمة. حاليا أصبح هذا النوع من الخرائط شائع الاستخدام خاصة مع انتشار برامج الكمبيوتر المتخصصة في إنتاجه (مثل برنامج Surfer وبرنامج Global Mapper).

(ج) الموزايك أو الفسيفساء:

تجميع مجموعة من الصور الجوية أو المرئيات الفضائية معا في صورة واحدة تغطي منطقة جغرافية كبيرة وتظهر تفاصيل معالمها المكانية. فإذا أضفنا إلي هذه الصورة المجمعة بعض المعلومات غير المكانية (مثل أسماء الشوارع وأسماء المعالم المهمة بالمنطقة) فيطلق عليها أسم الخريطة المصورة العمودية Ortho Map.



شكل (٢-٨) خريطة موضوعية نوعية

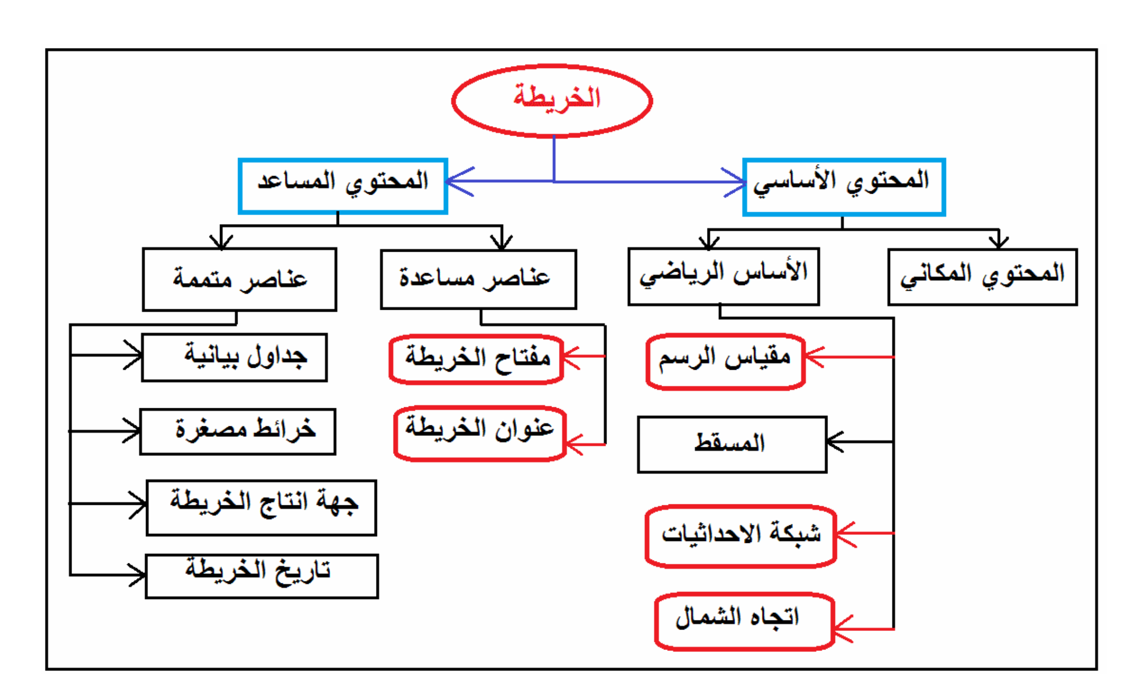


شكل (٢-٩) خريطة موضوعية كمية

٢-٢ أساسيات الخريطة

يمكن تقسيم محتويات الخريطة إلي قسمين: محتوي أساسي و محتوي المساعد. يضم المحتوي الأساسي للخريطة (١) المحتوي المكاني أو الجغرافي والذي يظهر المعالم و الظاهرات الجغرافية في المنطقة الممثلة علي الخريطة، (٢) الأساس الرياضي الذي بنيت عليه الخريطة. تشمل عناصر الأساس الرياضي للخريطة كلا من مقياس رسم الخريطة و المسقط (طريقة تحويل السطح الكروي للأرض إلي سطح مستوي علي الخريطة) و شبكة الإحداثيات وأيضا اتجاه الشمال الذي من خلاله يمكن توجيه الخريطة جغرافيا. أما المحتوي المساعد للخريطة (الذي يساعدنا في قراءة الخريطة و تفسيرها و استخدامها) فينقسم إلي جزأين أيضا وهما العناصر المساعدة مثل مفتاح و عنوان الخريطة و العناصر المتممة مثل اظهر بعض الجداول البيانية الإحصائية و إظهار خريطة مصغرة تحدد موقع هذه البقعة الجغرافية الظاهرة علي الخريطة في منظور جغرافي أوسع وأيضا بيانات تاريخ إنتاج الخريطة و الجهة التي أصدرتها.

تتكون أساسيات الخريطة من **خمسة عناصر** هم: مقياس الرسم ، اتجاه الشمال ، شبكة الإحداثيات ، مفتاح (أو دليل) الخريطة ، عنوان الخريطة. قد يري البعض أن اتجاه الشمال من الممكن ألا يعد من أساسيات الخريطة حيث يمكن بسهولة استنتاجه من شبكة إحداثيات الخريطة.



شكل (٢-١٠) محتويات الخريطة

٢-٢-١ عنوان الخريطة

كما أن لكل كتاب عنوان فأن كل خريطة يجب أن تحمل عنوانا يعد هو البوابة الرئيسية لها وهو الذي يدل علي موضوع أو محتوي الخريطة. قد يحمل عنوان الخريطة أسم الإقليم الذي تغطيه أو أسم أهم مركز عمراني بها أو أسم الظاهرة الممثلة بالخريطة أو رقم الخريطة. يجب أن يتم اختيار عنوان الخريطة بحيث يوضح الغرض الذي من أجله أنشأت هذه الخريطة بصورة واضحة و مختصرة، وأن يكون بخط و حجم واضح للقراءة بسهولة. جرت العادة أن يوضع عنوان الخريطة في الجزء العلوي منها وغالبا يكون في منتصف الخريطة.

مكـــــة المكــــرمــــه
MAKKAH AL MUKARRAMAH

لوحـــة 13

المملـكة العربـيـة السـعودية

جبل العصر

GEOLOGIC MAP OF THE MAKKAH QUADRANGLE, SHEET 21D

جيولوجية مدينة مكة المكرمة

شكل (٢-١١) أمثلة لعنوان الخريطة

٢-٢-٢ اتجاه الشمال

يعد اتجـاه الـشمال عنـصرا أساسيا مـن عناصـر الخـريطـة وخاصـة لتوجيـه الخريطـة فـي الموقـع والتعرف علي الظاهرات الميدانية والعلاقات المكانية بينهم.

أتفق العـاملون بالمساحة والخـرائط منـذ مئـات الـسنين علـي اعتبـار اتجـاه الـشمال هـو الاتجـاه المرجعي Reference Direction عند قيـاس الاتجاهـات فـي الطبيعـة وأيضا فـي الخريطـة. لكن يوجد نوعين من أنواع اتجاه الشمال:

(أ) الشمال المغناطيسي Magnetic Meridian :

هـو الاتجـاه الـذي تحدده أبـره مغناطيسية حركـة الحركـة كاملـة الاتـزان وليست تحت أي تـأثير مغناطيسي محلـي. فـإذا تركـت هـذه الإبـرة حركـة الحركـة (دون أيـة عوامـل تـؤثر عليهـا) فأنهـا ستتجه ناحية اتجاه الشمال الذي يطلق عليه أسم الشمال المغناطيسي. وهذه هي الفكرة التي بنيت عليها أجهزة البوصلة المغناطيسية التي يمكن استخدامها في الطبيعة لتحديد اتجـاه الشمال. لكـن أهم مشاكل الشمال المغناطيسي أنه غير ثابت (غير متوازي عند مجموعة من النقاط) بـل أنـه يتغير عند نفس النقطة من عام لآخر.

(ب) الشمال الجغرافي Geographic or True Meridian:

هو الاتجاه أو الخـط الواصـل بـين أي نقطـة وكـلا القطبـين الـشمالي و الجنـوبي لـلأرض. الـشمال الحقيقي هو اتجاه ثابت غير متغير ويتم تحديده من خلال الأرصـاد و القياسـات الفلكيـة ، وحيـث أنه ثابت وغير متغير فهو المستخدم في إنشاء الخرائط.

شكل (٢-١٢) اتجاه الشمال

زاوية الاختلاف Declination Angle:

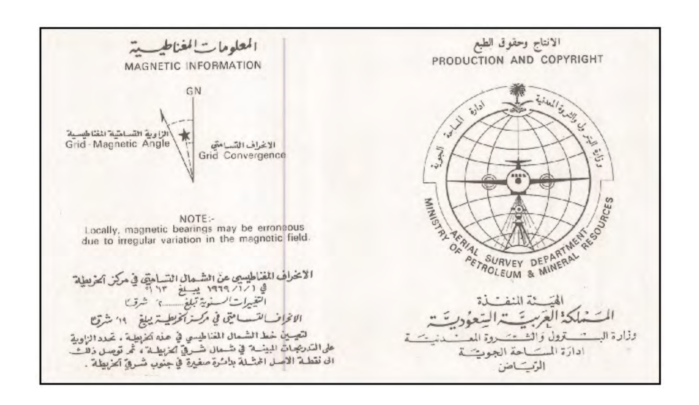
يطلق أسم زاوية الاختلاف علي الزاوية المحصورة بين اتجاهي الشمال المغناطيسي و الجغرافي عند نقطة معينة في زمن معين. فإذا كان الشمال المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف موجبه ، وإذا كان الشمال المغناطيسي غرب الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف سالبة:

الانحراف الجغرافي = الانحراف المغناطيسي ± زاوية الاختلاف (٢-١)

حيث:

+ إن كانت زاوية الاختلاف شرقا
- إن كانت زاوية الاختلاف غربا

وغالبا توضع زاوية الاختلاف علي الخريطة لتحدد قيمتها و اتجاهها عند إنشاء الخريطة:



شكل (٢-١٣) مثال لمعلومات زاوية الاختلاف علي خريطة

تتغير زاوية الاختلاف بطريقة منتظمة في عدة دورات علي مدار : (أ) تغير كل ٣٠٠ سنة تقريبا ، (ب) تغير سنوي ، (ج) تغير يومي.

مثال:

تم قياس الانحراف المغناطيسي لخط في عام ١٩٩٤م ووجد أنه يبلغ ٣٠' ٥٤° ووجد أن زاوية الاختلاف في عام ١٩٩٠م تبلغ ٣٠' ١٧° شرقا وتتغير سنويا بمعدل ٣' للغرب. أحسب الانحراف الحقيقي لهذا الخط؟

بما أن زاوية الاختلاف للشرق فتجمع قيمتها ، بينما تطرح قيمة التغير السنوي لأنه للغرب:

الانحراف الحقيقي = ٣٠' ٥٤° + [٣٠' ١٧° - (٣' × ٤ سنوات)]
= ٣٠' ٥٤° + [٣٠' ١٧° - ١٢']
= ٣٠' ٥٤° + [١٨' ١٧°]
= ٤٨' ٧١°

يمكن معرفة قيمة زاوية الاختلاف من خلال مواقع بعض الجهات المتخصصة علي شبكة الانترنت مثل موقع الوكالة الأمريكية للمحيطات والمناخ المعروفة باسم NOAA في الرابط التالي:

http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp

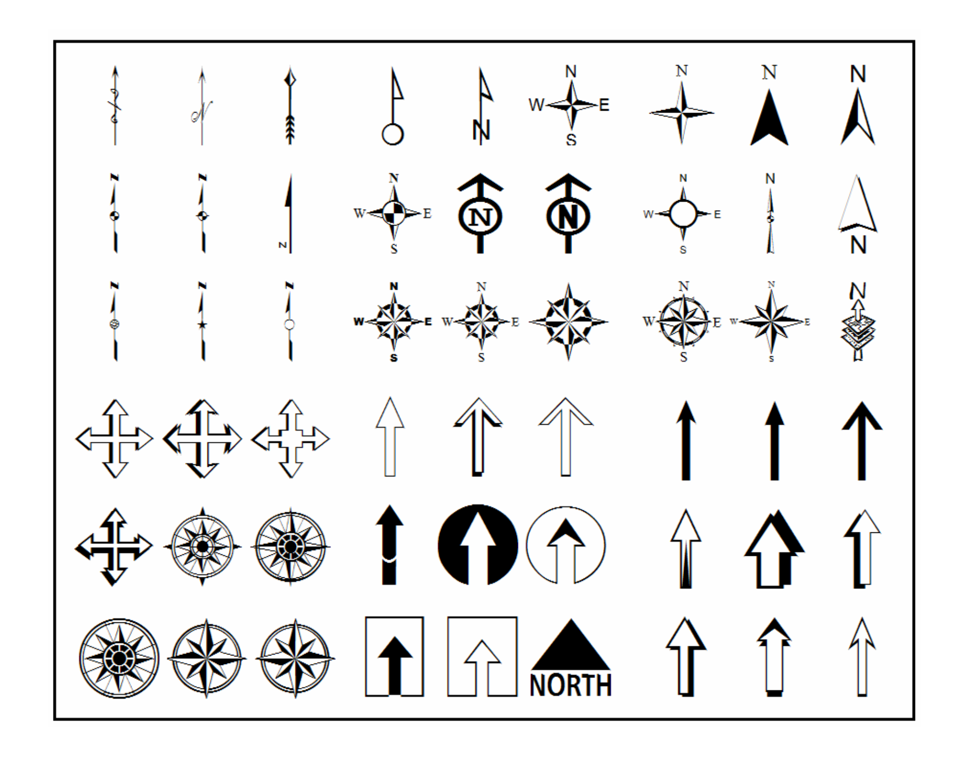
القيم التالية تمثل زوايا الاختلاف لبعض المواقع في يوم ١/١/ ٢٠١٢ م:

المدينة	الموقع الجغرافي التقريبي		زاوية الاختلاف
	خط الطول	دائرة العرض	
مكة المكرمة	٣٩.٨٢٥° شرقا	٢١.٤٢٦° شمالا	٠٢' ١٥° غربا
المدينة المنورة	٣٩.٦١١° شرقا	٢٤.٤٥٦° شمالا	٢٩' ١٤° غربا
القاهرة	٣١.٢٢٩° شرقا	٣٠.٠٥٨° شمالا	١٥' ١١° غربا

(ج) الشمال الاختياري أو المفروض Arbitrary or Assumed Meridian:

في حالة عدم معرفة الراصد في الطبيعة لأيا من اتجاهي الشمال المغناطيسي أو الجغرافي فأنه يقوم بافتراض اتجاه شمال لكي يبدأ منه أعمال القياس المساحي (غالبا يكون اتجاه أحد خطوط العمل المساحي) كاتجاه مرجعي مفروض لهذا العمل. ولاحقا قد يتمكن الراصد من معرفة العلاقة بين هذا الشمال الاختياري والشمال الحقيقي ومن ثم يقوم بتصحيح قياساته لينسبها إلي اتجاه الشمال الحقيقي.

توجد عدة أشكال لاتجاه (أو سهم) الشمال علي الخرائط وغالبا يوضع اتجاه الشمال في أعلي الخريطة سواء علي اليمين أو اليسار.



شكل (٢-١٤) أمثلة لاتجاه الشمال

٢-٢-٣ مقياس الرسم Scale

يستحيل رسم أي موقع علي سطح الأرض بنفس أبعاده علي مساحة مماثلة من الورق (الخريطة) ولذلك فأن أبسط تعريف للخريطة هو أنها صورة مصغرة لسطح الأرض. نسبة التصغير هذه هي التي تسمي "مقياس الرسم" أي أنه نسبة بين ما يتم رسمه علي الخريطة وما يمثله علي سطح الأرض. يعرف مقياس الرسم علي أنه النسبة العددية الثابتة بين أي بعد مقاس علي الخريطة و نفس البعد مقاسا في الطبيعة. فمثلا إذا كان لدينا طريق مرسوم علي الخريطة كخط طوله ٠.٢ متر بينما هذا الطريق في الطبيعة يبلغ طوله ٣٠٠٠ متر، فأن مقياس الرسم يكون: ٠.٢ / ٣٠٠٠ أو ٠.٢ : ٣٠٠٠ أي أن كل ٠.٢ متر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ متر في الطبيعة. نلاحظ أن مقياس الرسم ليس له وحدات معينة ويرجع ذلك إلي أنه مجرد "نسبة". ففي المثال السابق يمكن أن نقول أن كل ٠.٢ متر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ متر في الطبيعة، وأيضا يمكن أن نقول أن كل ٠.٢ سنتيمتر علي الخريطة تمثل ٣٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة. وبصفة عامة نقول أن مقياس الرسم – هذا - يعني أن كل ٠.٢ وحدة علي الخريطة يقابلها ٣٠٠٠ وحدة في الطبيعة. جرت العادة علي أن تكون قيمة البسط في مقياس الرسم تساوي الواحد حتى يسهل فهم مقياس الرسم والتعامل معه، فمثلا بدلا من المقياس ٠.٢/٣٠٠٠ نستخدم الصورة ١/١٥٠٠٠.

تتمثل أهم فوائد مقياس الرسم علي الخريطة في إمكانية قياس أي مسافة (أو مساحة) علي الخريطة (بالمسطرة) ثم استخدام مقياس الرسم في معرفة الطول الحقيقي لهذه المسافة في الطبيعة. كما يمكننا مقياس الرسم – في حالة قياسنا طول أي ظاهرة في الطبيعة - أن نحسب طول هذه الظاهرة علي الخريطة لكي نقوم برسمها.

مثال ١:

قيس طول خط علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠،٠٠٠ فبلغ طوله ٤.٦ سنتيمتر. أحسب الطول الحقيقي لهذا الخط علي الطبيعة؟

طالما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠،٠٠٠ فهذا يدل علي أن:

كل ١ وحدة علي الخريطة = ١٠،٠٠٠ وحدة في الطبيعة

وبذلك يمكننا القول أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠،٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة

لكننا في الطبيعة نقيس المسافات بالأمتار أو بالكيلومترات وليس بالسنتيمتر، وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتيمتر فيمكننا إعادة كتابة المعادلة السابقة بصورة أخري:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠ متر في الطبيعة

الآن نسأل أنفسنا: إذا كان لدينا خط طوله ٤.٦ سنتيمتر علي الخريطة فماذا سيكون طوله الحقيقي في الطبيعة؟

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠ متر في الطبيعة
٤.٦ سنتيمتر علي الخريطة = ؟ متر في الطبيعة

الطول الحقيقي = ٤.٦ × ١٠٠ ÷ ١ = ٤٦٠ متر

مثال ٢:

إذا كان طول الطريق من مكة المكرمة إلي المدينة المنورة ٤١٠ كيلومتر، كم سيكون طوله علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠،٠٠٠ (خريطة مليونية)؟

طالما أن مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠،٠٠٠ فهذا يدل علي أن:

كل ١ وحدة علي الخريطة = ١٠٠٠،٠٠٠ وحدة في الطبيعة

وبذلك يمكننا القول أن:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠٠٠،٠٠٠ سنتيمتر في الطبيعة

وحيث أن الكيلومتر = ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر (أي أن مليون سنتيمتر = ١٠٠٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ = ١٠ كيلومتر) فيمكننا إعادة كتابة المعادلة السابقة بصورة أخري:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠ كيلومتر في الطبيعة

الآن نسأل أنفسنا: إذا كان لدينا طريق طوله ٤١٠ كيلومتر في الطبيعة فماذا سيكون طوله عند رسمه علي الخريطة؟

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ١٠ كيلومتر في الطبيعة
؟ سنتيمتر علي الخريطة = ٤١٠ كيلومتر في الطبيعة

الطول علي الخريطة = ٤١٠ × ١ ÷ ١٠ = ٤١ سنتيمتر

تختلف مقاييس الرسم طبقا للهدف من رسم الخريطة ذاتها وأيضا مساحة المنطقة المكانية (الجغرافية) التي توضحها الخريطة ومساحة الورقة التي سترسم عليها الخريطة. كمثال اذا كان لدينا قطعة أرض تبلغ أبعادها ٥٠٠ × ٢٠٠ متر ونريد أن نرسمها علي قطعة ورق أبعادها ٥٠ × ١٠٠ سنتيمتر، فما هو مقياس الرسم المناسب لرسم الخريطة علما بأننا سنترك هامش حوالي ٢ سنتيمتر في كل جوانب الورقة؟

صافي أبعاد الورقة = (٥٠-٤) ، (١٠٠ -٤) = ٤٦ × ٩٦ سنتيمتر

مقياس الرسم الطولي = ٩٦ سم / (٥٠٠ × ١٠٠) سم = ١ / ٥٢١

مقياس الرسم العرضي = ٤٦ سم / (٢٠٠ × ١٠٠) سم = ١ / ٤٣٤

بما أن مقياس الرسم يجب أن يكون <u>ثابتا</u> للخريطة كلها فأن المقياس ١ : ٥٢١ هو الذي سيسمح برسم قطعة الأرض في حدود الورقة المتاحة (حيث أنه المقياس الأصغر). لكن هذا المقياس غير شائع الاستخدام بالإضافة لصعوبة العمليات الحسابية له عند توقيع الأبعاد، لذلك نلجأ لأقرب مقياس شائع و متداول وهو ١ : ٥٠٠.

<u>٢-٢-٣-١ أنواع مقاييس الرسم</u>

تصنف مقاييس إلي نوعين أساسين هما المقاييس الكتابية و المقاييس الخطية.

<u>مقاييس الرسم الكتابية Numerical Scale:</u>

يتم كتابة مقياس الرسم مباشرة كنص علي الخريطة، ومع أن هذه الطريقة أسهل في تحديد (معرفة) مقياس رسم الخريطة بسرعة إلا أنها تتأثر بعمليات تكبير أو تصغير الخريطة. فمثلا إذا تم كتابة مقياس الرسم نص " ١ : ١٠٠٠ " علي خريطة ثم قمنا بتكبير هذه الخريطة فأن هذا النص سيظل كما هو علي الخريطة ولن يتغير، وبالتالي سيصبح مقياسا خاطئا علي الخريطة المكبرة. كما أن المقاييس الكتابية تزيد من صعوبة تحويل الطول علي الخريطة إلي ما يقابله في الطبيعة لأنها تتطلب عملية حسابية (بعكس مقاييس الرسم الخطية). لذلك فمن الأفضل <u>عدم</u> الاكتفاء بوضع مقياس رسم كتابي فقط علي الخريطة وإنما وضع كلا نوعي مقاييس الرسم (أو الاكتفاء بالمقياس الخطي).

تكتب مقاييس الرسم الكتابية في عدة صور منها:

الصورة المباشرة: سنتيمتر لكل ١٠٠٠ متر
الصورة الكسرية: ١ / ١٠٠٠
الصورة النسبية: ١ : ١٠٠٠

يمكن معرفة بعض خصائص مقاييس الرسم الشهيرة وما تمثله من وحدات من الجدول التالي:

مقياس الرسم	١ سنتيمتر علي الخريطة يمثل في الطبيعة	١ كيلومتر في الطبيعة يمثل علي الخريطة
١ : ١،٠٠٠،٠٠٠	١٠ كيلومتر	٠.١ سنتيمتر
١ : ٥٠٠،٠٠٠	٥ كيلومتر	٠.٢ سنتيمتر
١ : ٢٥٠،٠٠٠	٢.٥ كيلومتر	٠.٤ سنتيمتر
١ : ١٠٠،٠٠٠	١ كيلومتر	١ سنتيمتر
١ : ٥٠،٠٠٠	٠.٥ كيلومتر	٢ سنتيمتر
١ : ٢٥،٠٠٠	٠.٢٥ كيلومتر	٤ سنتيمتر
١ : ١٠،٠٠٠	٠.١ كيلومتر	١٠ سنتيمتر
١ : ٥،٠٠٠	٥٠ متر	٢٠ سنتيمتر
١ : ٢٥٠٠	٢٥ متر	٤٠ سنتيمتر

مقاييس الرسم الخطية (البيانية) Graphical Scale:

في هذا النوع يبدو مقياس الرسم في شكل خط مرسوم ومقسم إلي عدة أقسام، ومن أهم مميزاته سهولة معرفة الطول الحقيقي للظاهرة بمجرد استخدام المسطرة ودون الحاجة لأية عمليات حسابية. كما أم مقاييس الرسم الخطية (المرسومة) ستتأثر بعملية التصغير و التكبير بنفس النسبة التي ستتأثر بها الخريطة ذاتها، مما يجعل مقياس الرسم الخطي سيظل مقياسا صحيحا مهما كبرت أو صغرت الخريطة الأصلية. لا يوجد اتفاق علي طول محدد لمقياس الرسم الخطي علي الخريطة إنما يعتمد اختيار طول مقياس الرسم الخطي علي مدي التناسب بينه و بين أبعاد الخريطة ذاتها، فلا يصح أن يكون مقياس الرسم الخطي كبيرا جدا علي الخريطة وأيضا لا يمكن أن يكون صغيرا جدا بدرجة تجعل الاستفادة منه صعبة.

أنواع مقاييس الرسم الخطية:

توجد عدة أنواع لمقاييس الرسم الخطية، وغالبا يستخدم تعبير "دقة مقياس الرسم" ليعبر عن قيمة أقل وحدة يمكن قراءتها علي مقياس الرسم. فمثلا إذا قلنا أن دقة مقياس رسم خطي تساوي ٥ أمتار فهذا يدل علي أن أقل وحدة (جزء مرسوم) علي مقياس الرسم الخطي سيمثل ٥ أمتار في الطبيعة.

<u>(أ) المقياس الخطي البسيط:</u>

عبارة عن خط مستقيم مقسم إلي وحدات متساوية من وحدات القياس علي الخرائط (السنتيمتر أو البوصة) تمثل أطوالا موجودة علي الطبيعة من وحدات القياس علي الطبيعة (الأمتار أو الكيلومترات). ويبدأ مقياس الرسم الخطي البسيط بالصفر دائما.

<u>مثال:</u>

صمم مقياس رسم خطي بسيط لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ؟

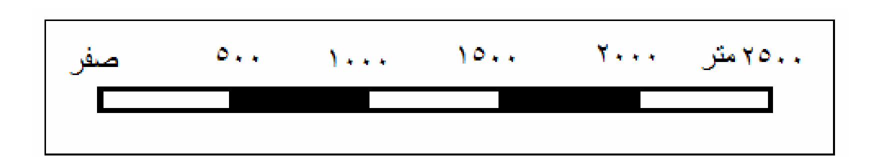
مقياس الرسم المطلوب = ١ : ٥٠،٠٠٠

أي أن: كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة.

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتمتر فان:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٥٠٠ متر علي الطبيعة.

نبدأ - باستخدام المسطرة - برسم خط علي الخريطة طوله (مثلا) ٥ سنتيمترات ونقسمه إلي ٥ أجزاء متساوية كلا منهم يبلغ طوله سنتيمتر واحد. نبدأ بترقيم الخط من أقصي اليسار (أو اليمين) بالرقم صفر، فيكون الرقم عند نهاية السنتيمتر الأول هو ٥٠٠ متر (طبقا لقيمة مقياس الرسم المطلوب)، وبكون الرقم عند نهاية السنتيمتر الثاني هو ١٠٠٠ متر ، وهكذا حتى يكون الرقم الأخير في نهاية الخط هو ٢٥٠٠ متر. حتى لا يكون المقياس عبارة عن خط فقط نقوم بتحويله إلي عدة مستطيلات ثم لإضفاء وضع جمالي عليه نقوم بتلوين الأجزاء المتتالية بالونين الأبيض و الأسود علي الترتيب.



شكل (٢-١٥) مقياس رسم خطي بسيط

<u>(ب) المقياس الخطي الدقيق:</u>

مقياس خطي أكثر دقة من المقياس الخطي البسيط حيث يمكننا من قياس وحدات تقل عن الوحدة الرئيسية في المقياس البسيط. ففي المثال السابق فأن دقة هذا المقياس (أقل وحدة يمكن قياسها مباشرة) تبلغ ٥٠٠ متر، فماذا إذا أردنا قياس وحدات أصغر؟

<u>مثال:</u>

صمم مقياس رسم خطي دقيق لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ليقرا بدقة ١٠٠ متر؟

نبدأ أولا بتصميم المقياس الخطي البسيط (كما سبق):

مقياس الرسم المطلوب = ١ : ٥٠،٠٠٠

أي أن: كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ سنتيمتر علي الطبيعة.

وحيث أن المتر = ١٠٠ سنتمتر فان:

كل ١ سنتيمتر علي الخريطة = ٥٠،٠٠٠ ÷ ١٠٠ = ٥٠٠ متر علي الطبيعة.

ثم نقوم برسم المقياس البسيط كما في المثال السابق.

دقة المقياس المطلوبة في المثال الحالي = ١٠٠ متر

حيث أن ١ سم = ٥٠٠ متر في المقياس البسيط فأن:

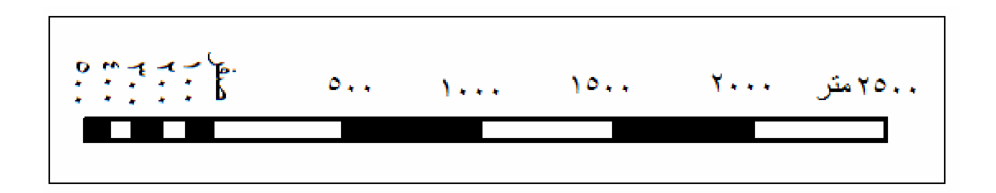
عدد الأقسام الفرعية = طول الجزء في المقياس البسيط ÷ دقة المقياس
= ٥٠٠ متر ÷ ١٠٠ متر = ٥ أقسام.

الآن نقوم برسم وحدة جديدة (١ سنتيمتر) علي يسار صفر المقياس البسيط ثم نقسمها إلي ٥ أقسام فرعية:

طول كل جزء فرعي = طول وحدة المقياس البسيط ÷ عدد الأقسام الفرعية المطلوبة

طول كل جزء فرعي = ١ سنتيمتر ÷ ٥ = ٢ ملليمتر

ثم نلون هذه الأقسام الفرعية باللونين الأبيض والأسود. أول جزء من الأجزاء الفرعية سيمثل ١٠٠ متر، والجزء الثاني سيمثل ٢٠٠ متر، وهكذا حتى يكون الرقم في نهاية المقياس الدقيق هو ٥٠٠ متر (أي نفس قيمة الوحدة الرئيسية علي المقياس البسيط).



شكل (٢-١٦) مقياس رسم خطي دقيق

<u>(ج) المقياس الخطي الشبكي:</u>

هو مقياس أكثر دقة من المقياس الخطي الدقيق. ففي المثال السابق فأن دقة هذا المقياس الخطي الدقيق تبلغ ١٠٠ متر، فماذا لو أردنا أن نزيد دقة المقياس لتصبح ٢٠ مترا؟ نري في هذا المثال أن الوحدة الفرعية للمقياس الدقيق تبلغ طولها ٢ ملليمتر وتمثل ١٠٠ متر علي الطبيعة، فإذا

أردنا أن تصبح دقة المقياس ٢٠ متر فهذا يعني أننا سنضطر لتجزئة هذه الوحدة الفرعية الي ٥ أجزاء جديدة، وهذا صعب من الناحية العملية أن نقسم ٢ ملليمتر إلي ٥ أجزاء متساوية حيث سيكون طول هذا الجزء الفرعي = ٢ ملليمتر ÷ ٥ = ٠.٤ ملليمتر، بينما المسطرة العادية التي نستخدمها في الرسم لا يوجد بها أقسام أقل من الملليمتر الواحد.

تعتمد فكرة مقياس الرسم الشبكي علي إنشاء شبكة من مقاييس الرسم الدقيقة في اتجاه رأسي، أي وجود عدد من المقاييس الدقيقة مركبة فوق بعضها البعض.

<u>مثال:</u>

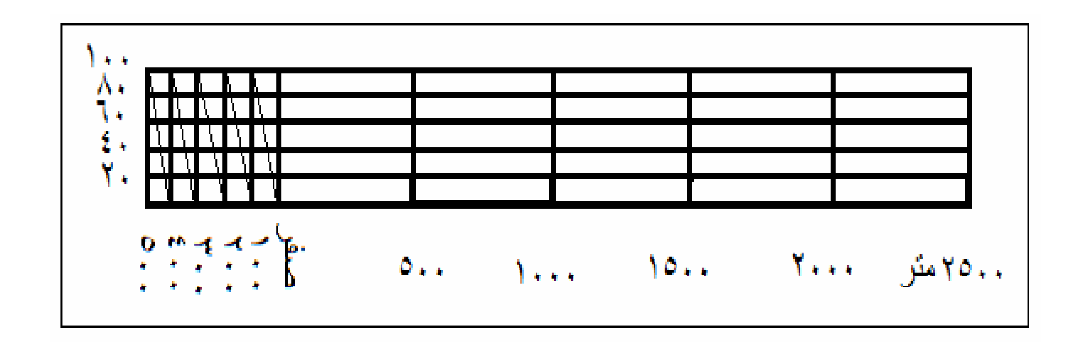
صمم مقياس رسم خطي شبكي لخريطة مقياس رسمها العددي هو ١ : ٥٠،٠٠٠ ليقرا بدقة ٢٠ متر؟

نقوم أولا بتصميم ورسم المقياس الخطي الدقيق (بدقة ١٠٠ متر) كما في الخطوات السابقة.

عدد الأقسام الفرعية الجديدة المطلوبة = دقة المقياس الدقيق ÷ الدقة المطلوبة للمقياس الشبكي

= ١٠٠ متر ÷ ٢٠ متر = ٥ أقسام.

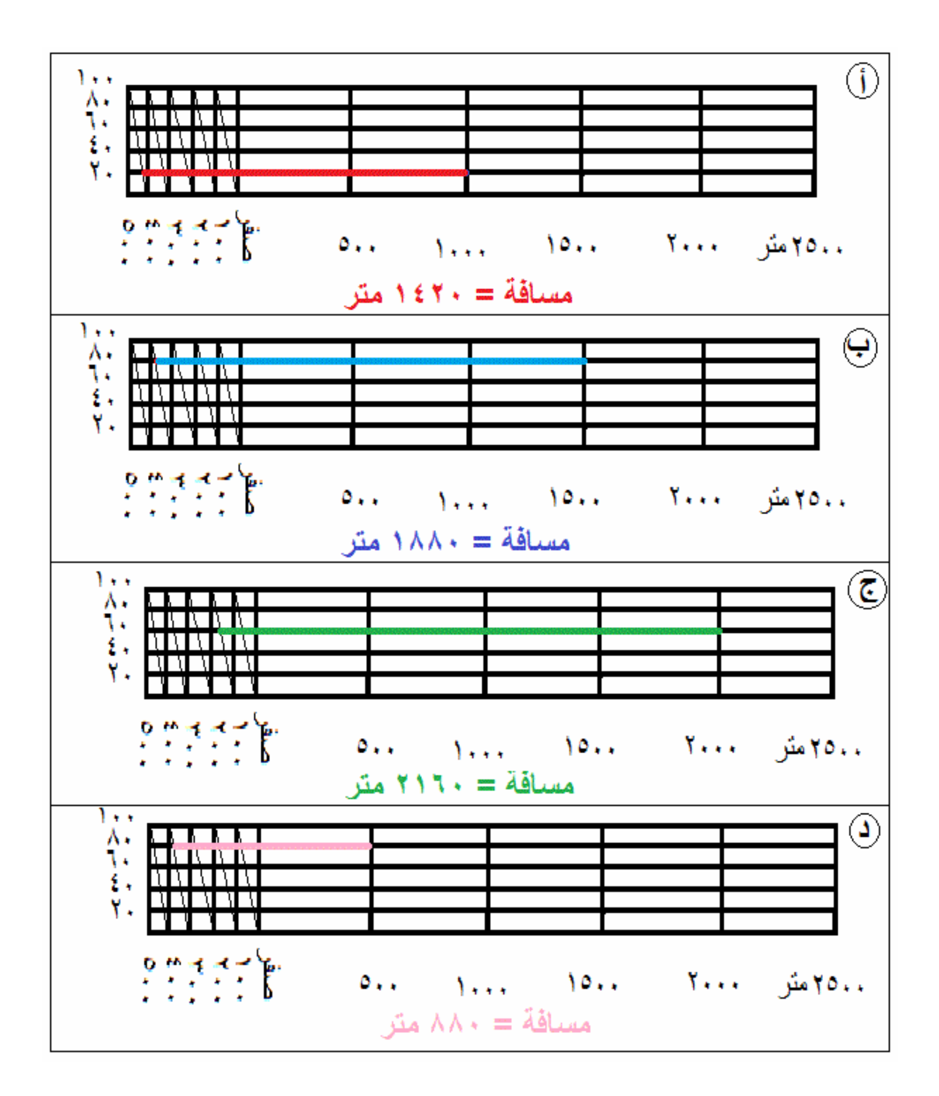
نقوم الآن بتكرار المقاس الدقيق خمسة مرات لأعلي (كما لو كان هناك ٥ من المقاييس الدقيقة مركبة فوق بعضها البعض) لنحصل علي شبكة. يكون الرقم المكتوب عند المقياس الرأسي الأول ٢٠ متر (الدقة المطلوبة للمقياس الشبكي) وعند المقياس الرأسي الثاني ٤٠ متر وعند المقياس الرأسي الثالث ٦٠ متر وعند المقياس الرأسي الرابع ٨٠ متر وعند المقياس الرأسي الخامس والأخير ١٠٠ متر (أي نفس دقة المقياس الخطي الدقيق). ثم نقوم بتوصيل طرفي كل جزء من الأجزاء الفرعية للمقياس الدقيق بخطوط مائلة.



شكل (٢-١٦) مقياس رسم خطي شبكي

عند إجراء قياس علي المقياس الخطي الشبكة نستخدم أقرب جزء من المقاييس الخمسة الرإسية للحصول علي قيمة المسافة علي الطبيعة، والأمثلة التالية توضح بعض القياسات للمقياس الخطي الشبكي. ففي الجزء الأعلى (أ) قمنا بقياس مسافة بالمسطرة علي الخريطة – المسافة باللون الأحمر – ثم نقوم بوضع هذا الجزء من المسطرة علي المقياس الشبكي ونحرك المسطرة علي المقاييس الرأسية الخمسة حتي تنطبق علي أيا منهم. نبدأ بقراءة المسافة فنجد أنها تتكون من ثلاثة أجزاء: من صفر إلي ١٠٠٠ علي المقياس الخطي البسيط + من صفر إلي ٤٠٠ علي

المقياس الخطي الدقيق + الجزء عند ٢٠ متر علي أول مقياس رأسي، وبالتالي فأن مجموع هذه الأجزاء الثلاثة = ١٤٢٠ مترا. بينما في الجزء (ب) من الشكل نجد أن المسافة = ١٥٠٠ متر علي المقياس البسيط + ٣٠٠ متر علي المقياس الدقيق + ٨٠ متر علي المقياس الرأسي الرابع، فتصبح المسافة المقاسة ١٨٨٠ مترا.



شكل (٢-١٧) استخدام مقياس رسم خطي شبكي

<u>(د) المقياس الخطي المقارن:</u>

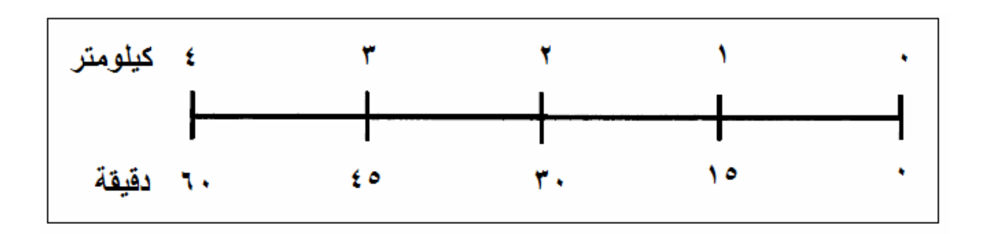
هو مقياس خطي قد يكون بسيطا أو دقيقا أو شبكيا، لكنه مقسم من جهتين لتمثل كل جهة نوعا من وحدات القياس الطولية. مثلا يقيس المقياس بوحدات الكيلومترات (وأجزاؤها) من جهة وبقيس بوحدات الأميال (وأجزاؤها) من الجهة الأخرى. لكن هذا النوع من مقاييس الرسم لم يعد شائع الاستخدام حاليا، ومن الممكن أن نستعيض عنه بمقياسي رسم يمثل كلا منهما نوعا محددا من وحدات القياس الطولية.

صفر ١ ٢ ٣ ٤ ٥ كيلومترات
صفر ١ ٢ ٣ أميال

شكل (٢-١٨) مقياس رسم خطي بسيط مقارن

<u>(ذ) المقياس الخطي الزمني:</u>

يشبه مقياس الرسم الخطي المقارن إلا أنه يتكون من وحدات قياس طولية من جهة ووحدات قياس زمنية من الجهة الأخرى. وكان مستخدما <u>قديما</u> من قبل رجال الاستطلاع و الاستكشاف في الجيوش للتعرف علي تحديد مواقعهم التقريبية و خطوط سيرهم حيث أن هذا المقياس يربط بين المسافة و الزمن.



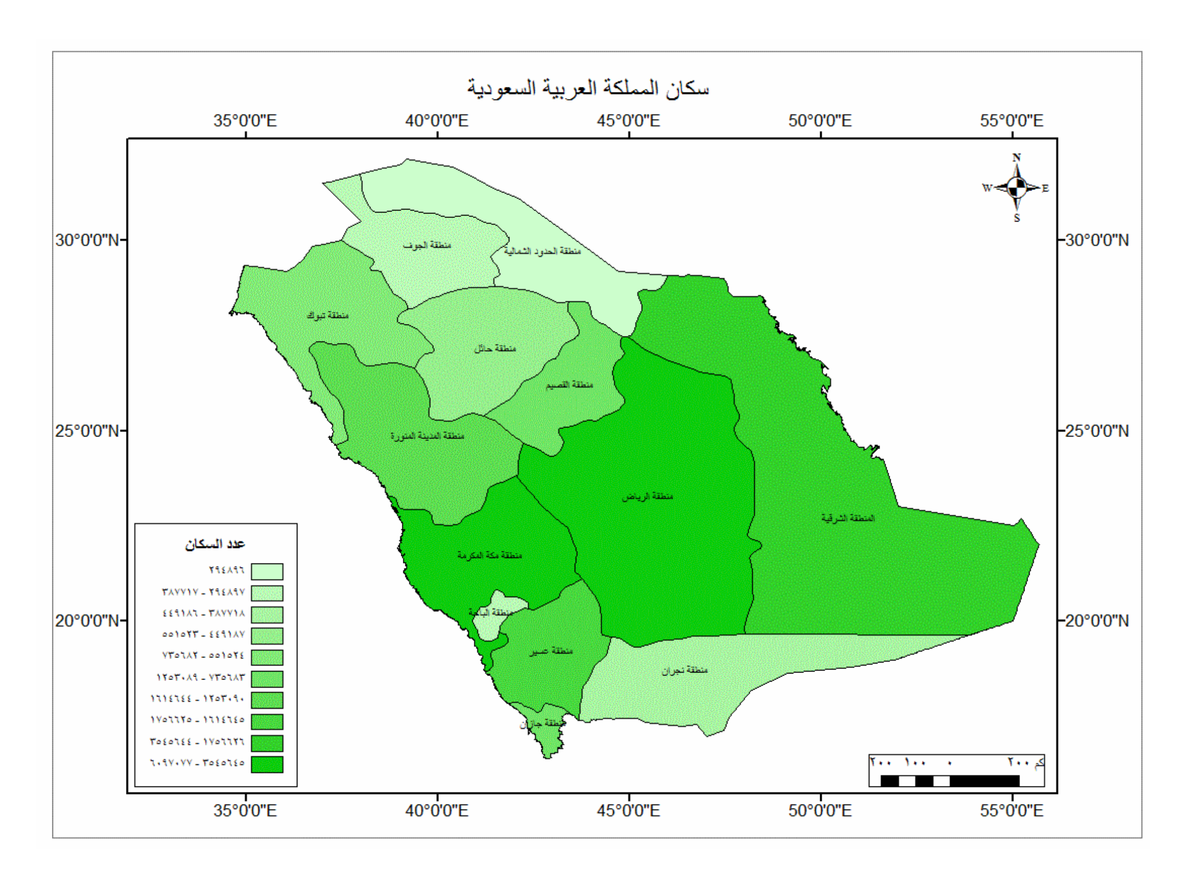
شكل (٢-١٩) مقياس رسم خطي زمني

<u>٢-٢-٤ مفتاح الخريطة</u>

تعرف الخريطة علي أنها تمثيل مصغر لسطح الأرض مرسوم باستخدام رموز خاصة، ولذلك فأن مفتاح الخريطة هو ترجمة لهذه الرموز الظاهرة علي الخريطة لكي يسهل فهم و تفسير الخريطة و ما تمثله من ظاهرات مكانية. يعتمد نجاح الخريطة علي نجاح مصممها في اختيار الرموز السهلة و المعبرة، فالرموز علي الخريطة تدل علي:

- مواقع الظاهرات الجغرافية
- أشكال الظاهرات الجغرافية
- نمط انتشار الظاهرات الجغرافية
- ديناميكية الظاهرات الجغرافية

حديثا زاد اعتماد الخرائط علي استخدام الألوان بكثرة وخاصة مع رخص أسعار الطابعات الملونة، إلا أن استخدام الألوان في الخرائط يجب ألا يكون <u>مجرد</u> إضفاء الشكل الجمالي عليها إنما يتم استخدام الألوان بصورة تجعل تصميم الخريطة متوازنا بين موضوعها و كيفية تفسير الظاهرات الممثلة علي الخريطة. فعلي سبيل المثال فالخريطة التالية تمثل توزيع السكان في المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية، وقد تم استخدام درجات متعددة للون الأخضر فقط. إن العين البشرية لا تستطيع التمييز و التفرقة بين ٦-٨ درجات مختلفة من نفس اللون، مما يجعل عملية الإدراك البصري و تفسير هذه الخريطة عملية صعبة للغاية.

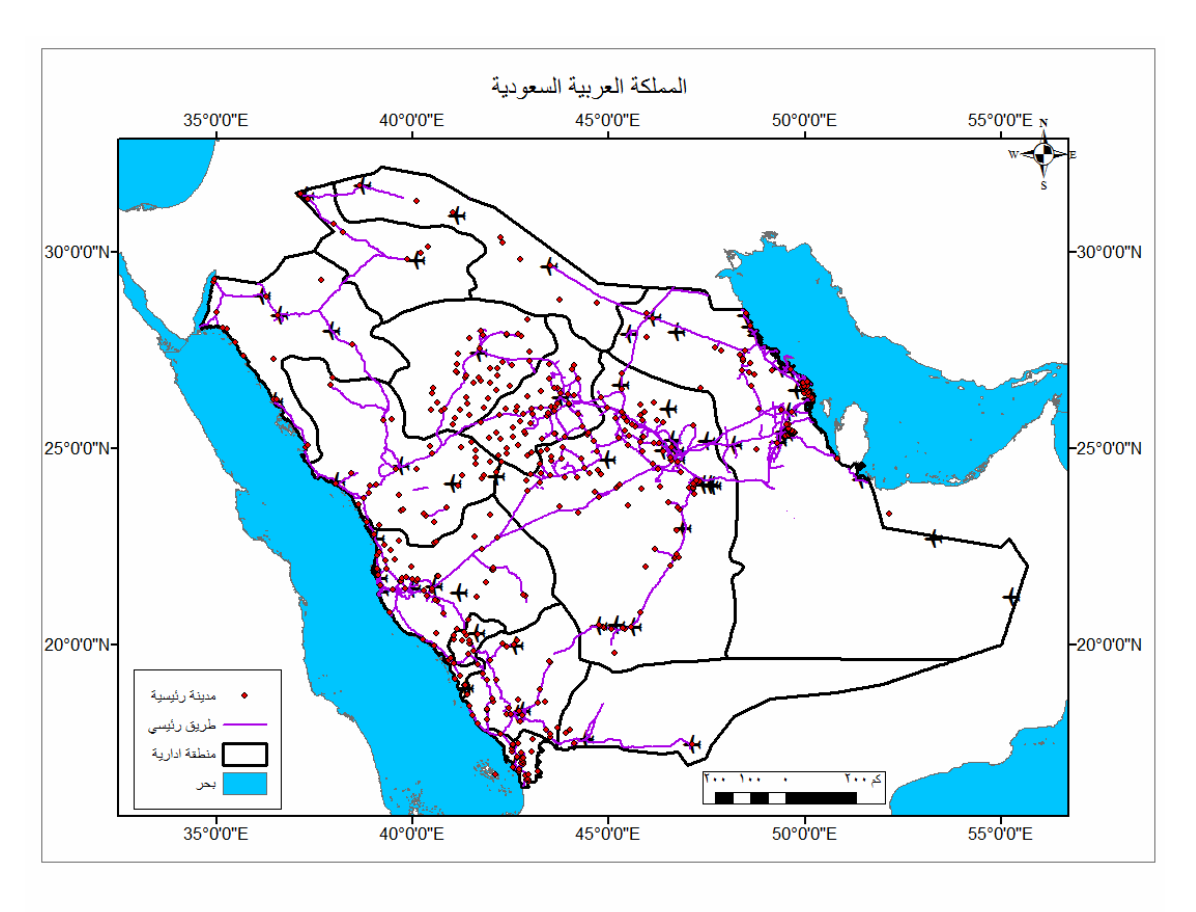


شكل (٢-٢٠) نموذج للاستخدام السيئ للألوان في الخرائط

يتم رسم الظاهرات الجغرافية (التفاصيل المكانية والمعلومات غير المكانية) علي الخريطة من خلال ٣ صور:

- النقطة
- الخط
- المضلع

في الشكل التالي تم تمثيل المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية وأيضا تمثيل البحار باستخدام المضلعات، وتم تمثيل المدن الرئيسية بالمملكة وكذلك المطارات باستخدام النقاط، وتمثيل الطرق الرئيسية بالمملكة باستخدام الخطوط.

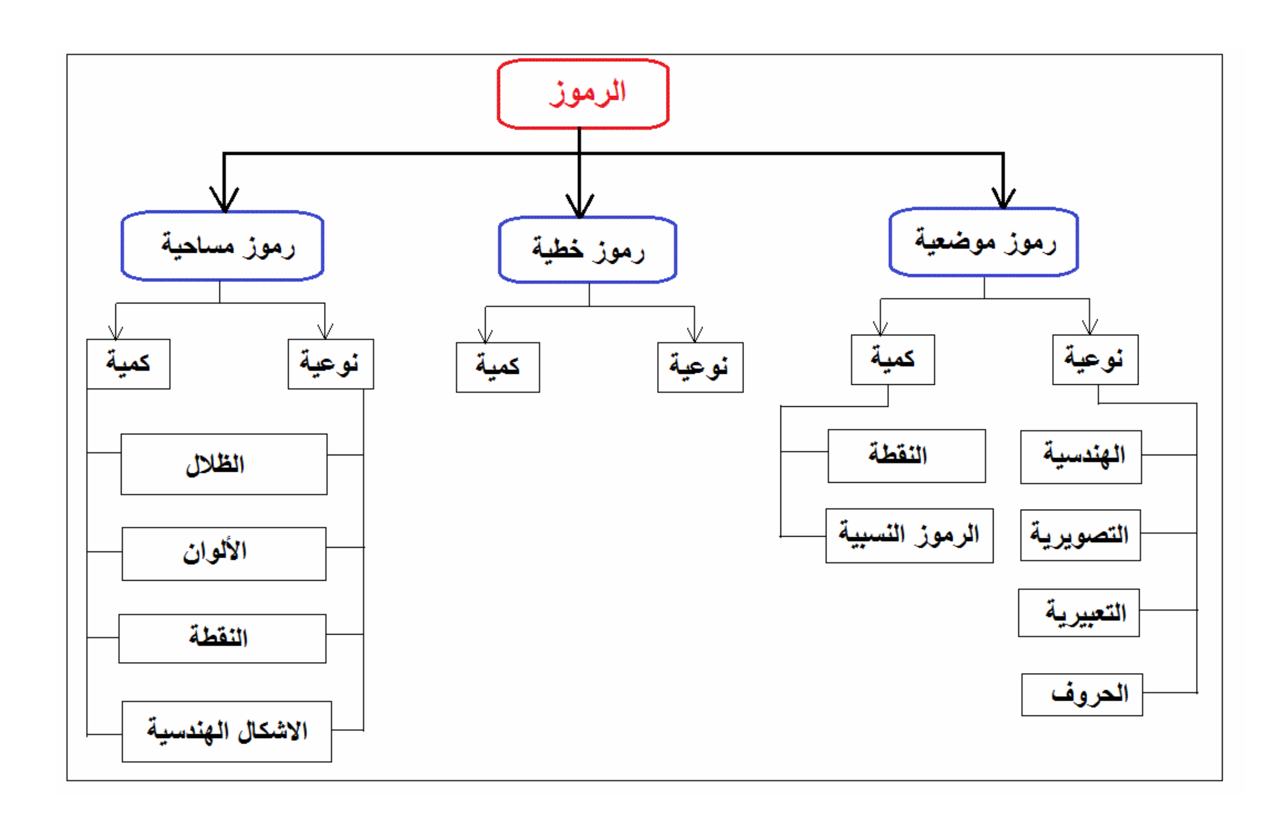


شكل (٢-٢١) أنواع المظاهر الجغرافية علي الخريطة

وبناءا علي ذلك التمثيل للظاهرات فأن الرموز المستخدمة في الخرائط تنقسم أيضا إلي ٣ أنواع من الرموز:

- الرموز النقطية أو المكانية
- الرموز الخطية
- الرموز المساحية

وفي كل نوع من هذه الأنواع الرئيسية يوجد قسمين فرعين للرموز النوعية)لتمثيل نوع الظاهرة) والرموز الكمية (لتمثيل نوع و حجم أو قيمة الظاهرة).



شكل (٢-٢٢) أنواع الرموز علي الخرائط

٢-٢-٤-١ الرموز النقطية أو الموضعية:

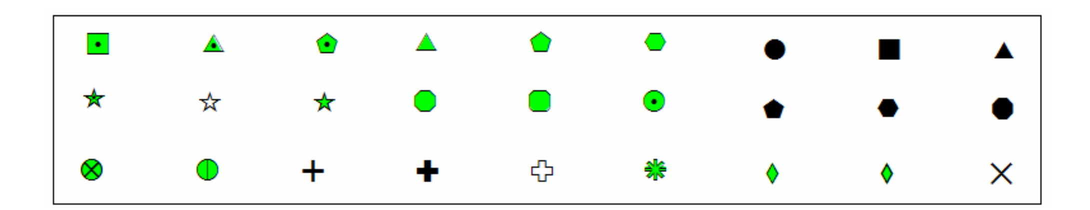
تتكون من مجموعتين فهي إما رموز نوعية أو رموز كمية.

أولا: الرموز النقطية أو الموضعية النوعية:

تنقسم إلي عدة أنواع فرعية:

(أ) الرموز الهندسية:

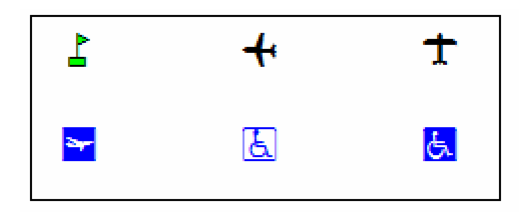
هي أشكال هندسية صغيرة مثل النقطة و الدائرة و المربع و المستطيل و المثلث و المعين و متوازي الأضلاع ... الخ تحدد موقع الظاهرة علي الخريطة. كما يمكن تغيير ألوان كل رمز للحصول علي رموز موضعية أخري. وفي حالة الخرائط الموضوعية الكمية فأن حجم الرمز يكون دالا علي قيمة الظاهرة، فمثلا كلما كبر حجم الدائرة في خرائط توزيع السكان كان ذلك دالا علي زيادة عدد سكان هذه المنطقة الجغرافية.



شكل (٢-٢٣) رموز موضعية هندسية

(ب) الرموز التصويرية:

عبارة عن صور صغيرة لنوع الظاهرات التي ترمز لها، إلا أن هذا النوع من الرموز مستخدم فقط في الخرائط السياحية والتعليمية.



شكل (٢-٢٤) رموز تصويرية

(ج) رموز الحروف الأبجدية:

عبارة عن حروف (عربية أو انجليزية) تمثل علي الخرائط لتبين مواضع و نوع الظاهرات التي تمثلها، مثل استخدام حرف H للدلالة علي موقع مستشفي. أيضا فأن هذا النوع من الرموز غير مستحب في الخرائط الجغرافية و الهندسية بصفة عامة.

<u>(د) الرموز التعبيرية:</u>

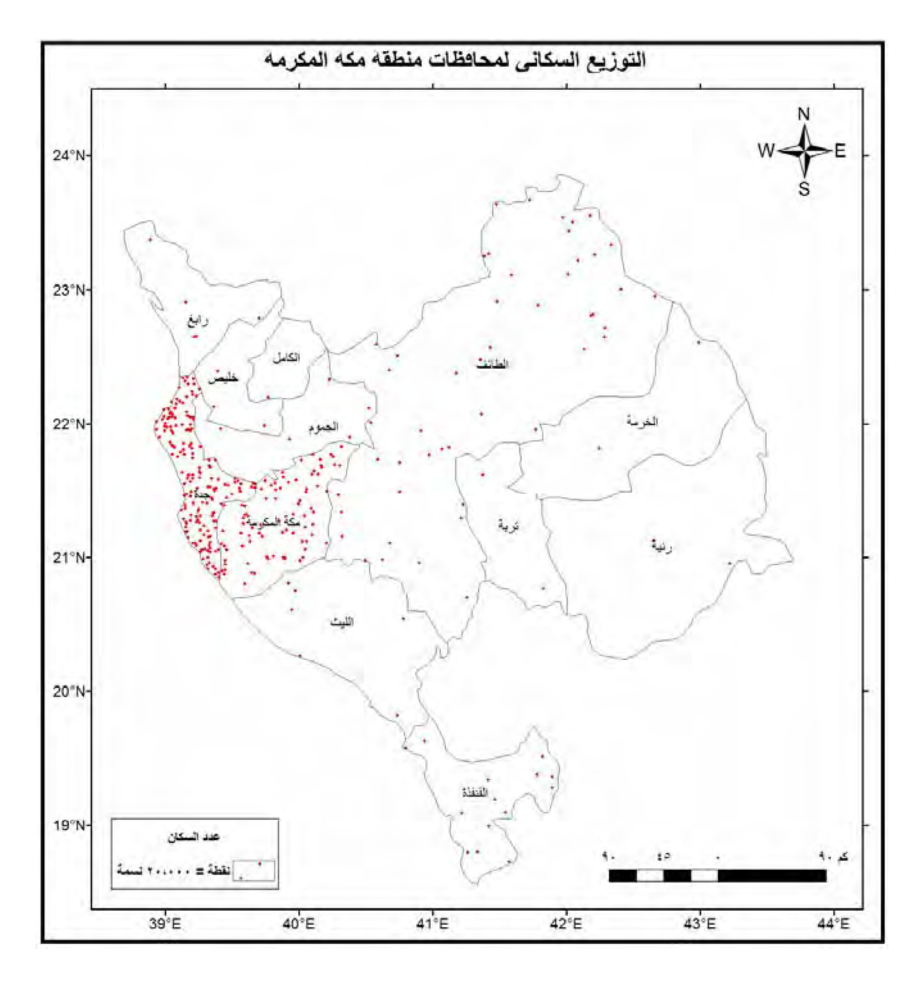
عبارة عن رسوم (صغيرة) تعبر عن التي ترمز لها بصورة فنية، مثل رسم صورة جمل للتعبير عن مناطق المراعي. أيضا من غير المستحب استخدام هذا النوع من الرموز في الخرائط الجغرافية و الهندسية.

<u>ثانيا: الرموز النقطية أو الموضعية الكمية:</u>

تتكون من نوعين رئيسين هما رموز النقطة و الرموز النسبية:

<u>(أ) رموز النقطة:</u>

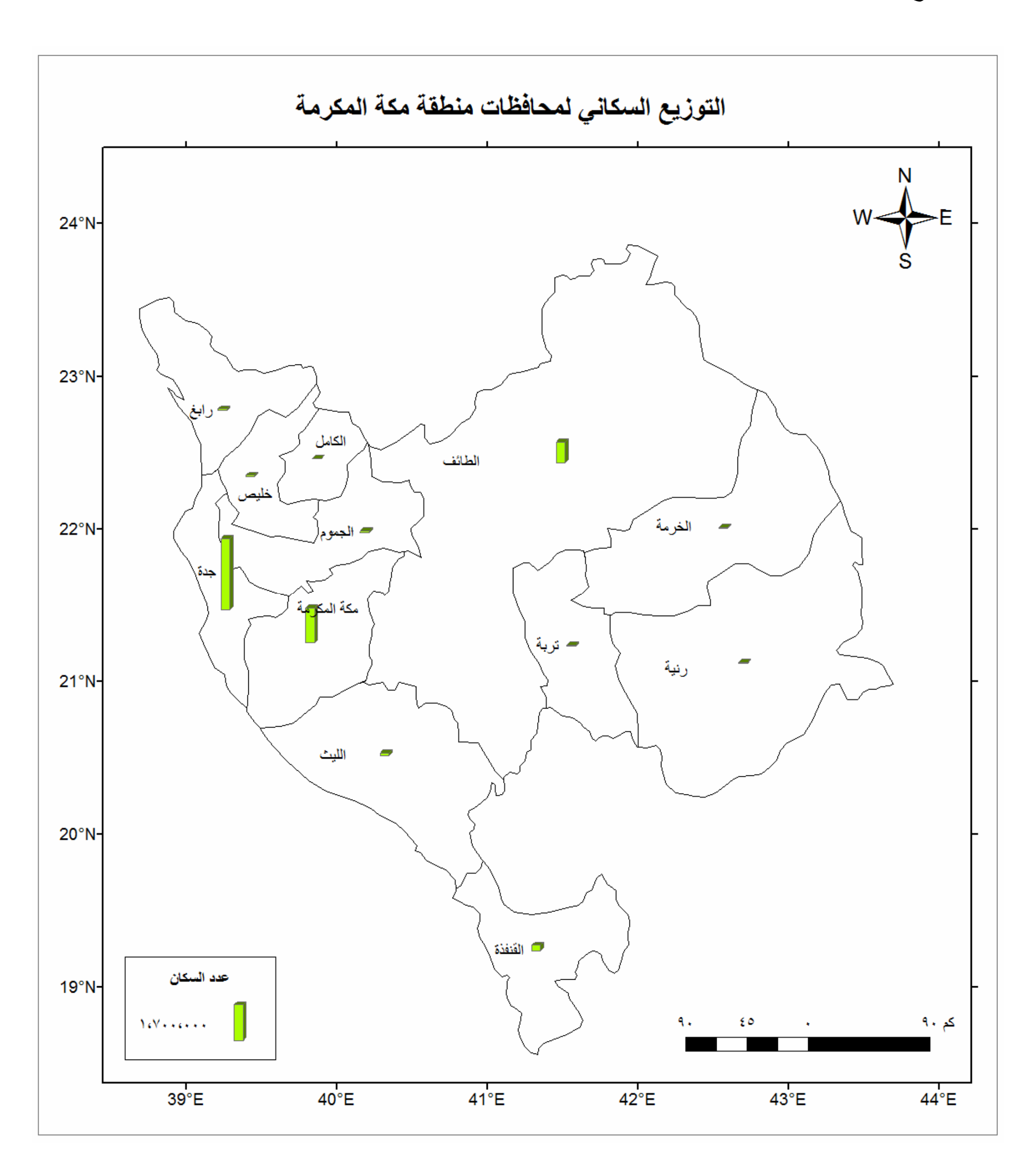
يتم استخدام رمز النقطة للتعبير عن قيمة محددة للظاهرة المطلوب تمثيلها علي الخريطة، وبناءا علي قيمة الظاهرة في منطقة معينة يتم حساب عدد النقاط التي ستوضع داخل هذه المساحة علي الخريطة. فمثلا عند استخدام رموز النقاط في تمثيل عدد السكان في أحياء مدينة مكة المكرمة فأننا نحدد القيمة التي ستعبر عنها النقطة الواحدة (وليكن مثلا ٢٠ ألف نسمة)، ثم نقسم عدد سكان كل حي من أحياء المدينة علي قيمة النقطة الواحدة فنحسب عدد النقاط التي تعبر عن سكان كل حي وهذا النوع من الخرائط يسمي خرائط النقاط أو خرائط الكثافة.



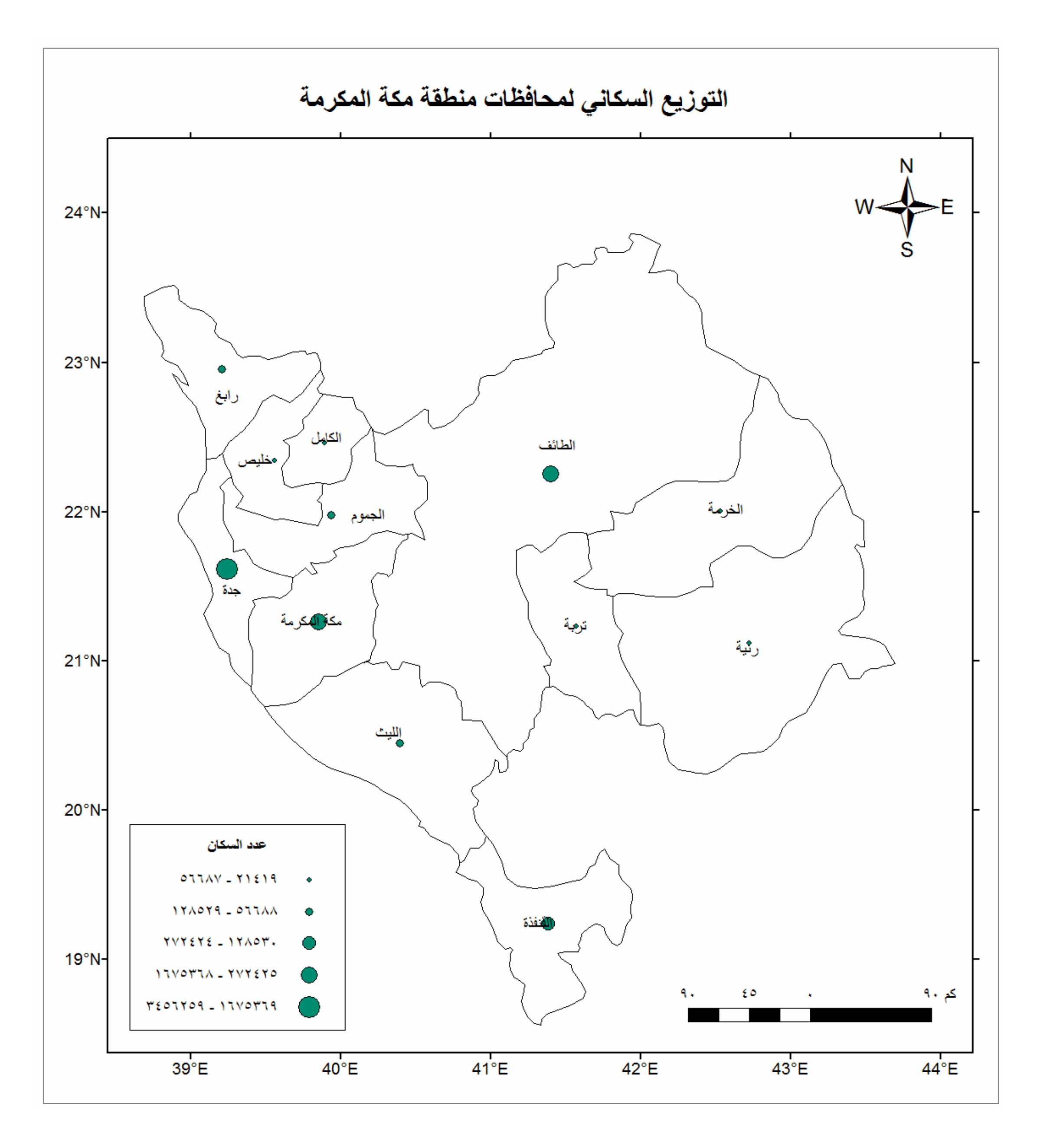
شكل (٢-٢٥) نموذج لخرائط النقاط أو خرائط الكثافة

(ب) الرموز النسبية:

في هذا النوع من الخرائط يتم التعبير عن قيمة الظاهرة باستخدام الرموز الموضعية الهندسية (الدائرة و المربع و المثلث و المستطيل ... الخ) بصورة نسبية للدلالة عن التغيرات الكمية بين مفردات الظاهرة. فمثلا يمكن التعبير عن عدد سكان محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام الأعمدة بحيث يكون طول العمود معبرا عن القيمة النسبية لعدد السكان في كل محافظة. أيضا يمكن استخدام رمز الدائرة لتمثيل عدد السكان بحيث يكبر حجم الدائرة كلما كبر عدد السكان في كل محافظة. تعطي طريقة الرموز النسبية صورة سريعة للقارئ عن التغيرات النسبية لقيمة الظاهرة الممثلة علي الخريطة و التباين أو الاختلاف المكاني (الجغرافي) لتوزيع هذه الظاهرة.



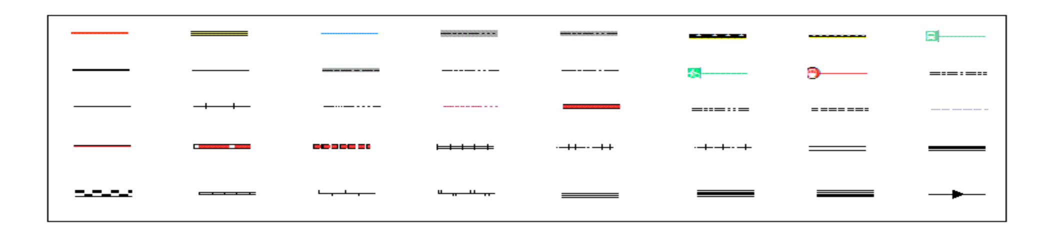
شكل (٢-٢٦) نموذج لخرائط الأعمدة النسبية



شكل (٢-٢٧) نموذج لخرائط الدوائر النسبية

٢-٢-٤-٢ الرموز الخطية:

تستخدم الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات التي لها امتداد طولي في الطبيعة مثل الأنهار و الطرق و الشوارع و شبكات المياه و الصرف الصحي وخطوط نقل البترول والأنفاق و الحدود السياسية والحدود الإدارية ...الخ. في حالة استخدام الرموز الخطية للتعبير عن الظاهرات الكمية فأن سمك (عرض) الخط يدل علي قيمة الظاهرة، فكمثال يمكن تغيير سمك الخطوط المعبرة عن الطرق بحيث يمثل سمك الخط عرض الطريق وبذلك يمكن التفرقة بين الطرق السريعة و الطرق العادية و الشوارع الداخلية. أيضا يمكن استخدام الألوان المتعددة للحصول علي رموز خطية جديدة لنفس الخط المرسوم علي الخريطة.



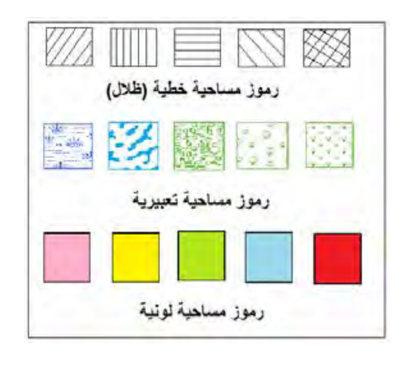
شكل (٢-٢٨) رموز خطية

٢-٢-٤-٣ الرموز المساحية:

تستخدم الرموز المساحية للتعبير عن نوع وكمية الظاهرات التي لها مساحة علي الخريطة (وأيضا في الطبيعة) مثل الأحياء داخل المدينة و المزارع والسبخات ومناطق الرعي و المناطق الصناعية والسكنية... الخ. تعتمد الرموز المساحية علي ملئ المضلع المرسوم علي الخريطة برمز معين يعبر عن هذا النوع من الظاهرات.

عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا نوعيا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.
- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.
- رموز مساحية نوعية تعبيرية.

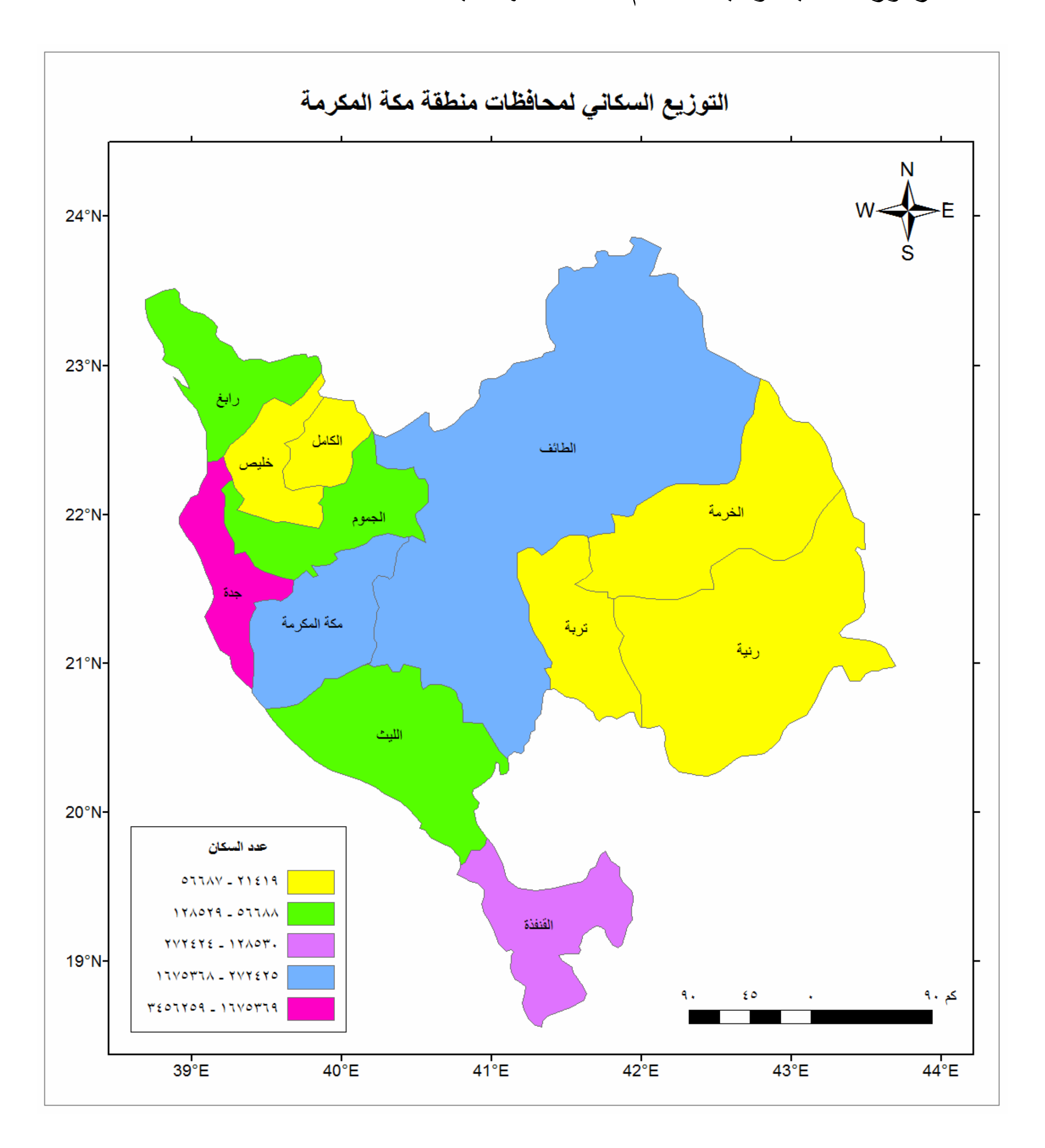


شكل (٢-٢٩) رموز مساحية نوعية

شكل (٢-٣٠) نموذج لطريقة التمثيل النوعي باستخدام الألوان

أيضا عند تمثيل الظاهرات المكانية تمثيلا كميا علي الخرائط فهناك عدة طرق للرموز المساحية منها:

- رموز مساحية نوعية خطية (طريقة التظليل أو الظلال).
- رموز مساحية نوعية تعتمد علي الألوان.
- رموز مساحية نوعية نقطية.
- رموز مساحية نوعية تستخدم الأشكال الهندسية.



شكل (٢-٣١) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الألوان

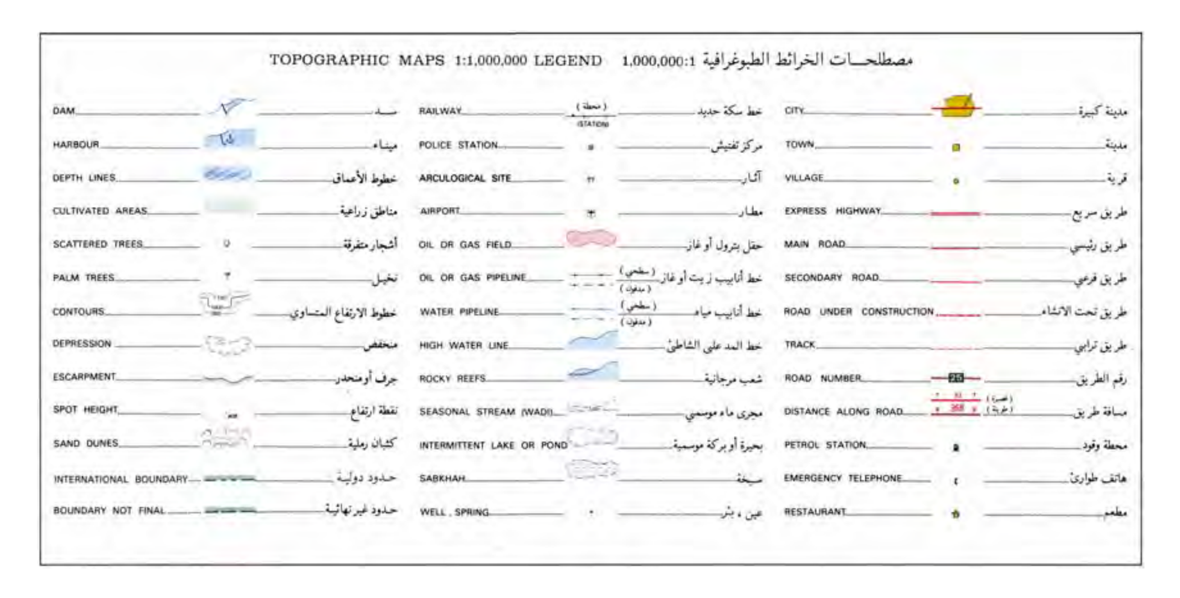
سكان المملكة العربية السعودية

عدد السكان
أقل من مليون و نصف نسمة
من مليون ونصف الي ثلاثة ملايين نسمة
أكثر من ثلاثة ملايين نسمة

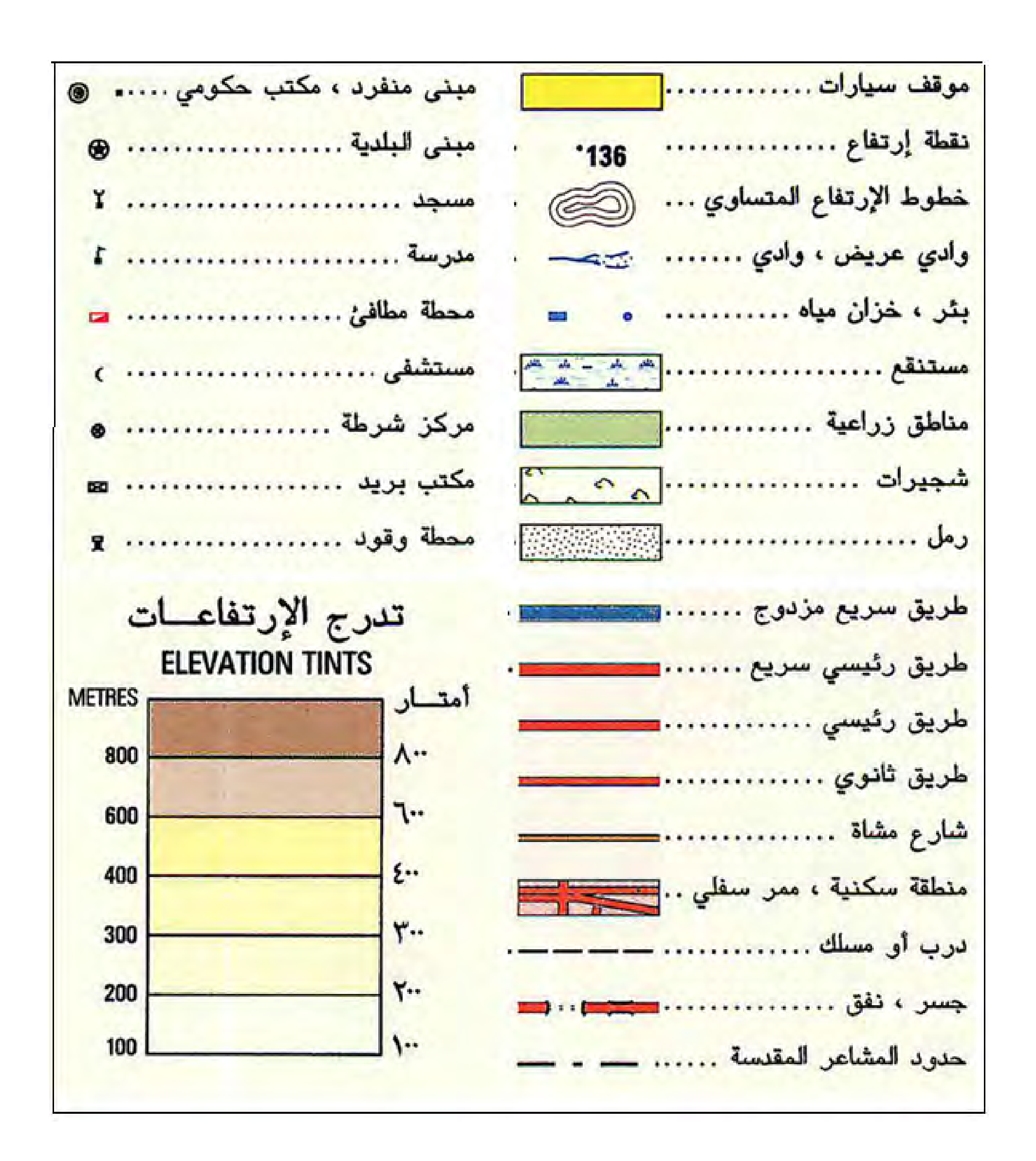
شكل (٢-٣٢) نموذج لطريقة التمثيل الكمي باستخدام الظلال

٢-٢-٤-٤ بعض نماذج مفتاح الخريطة

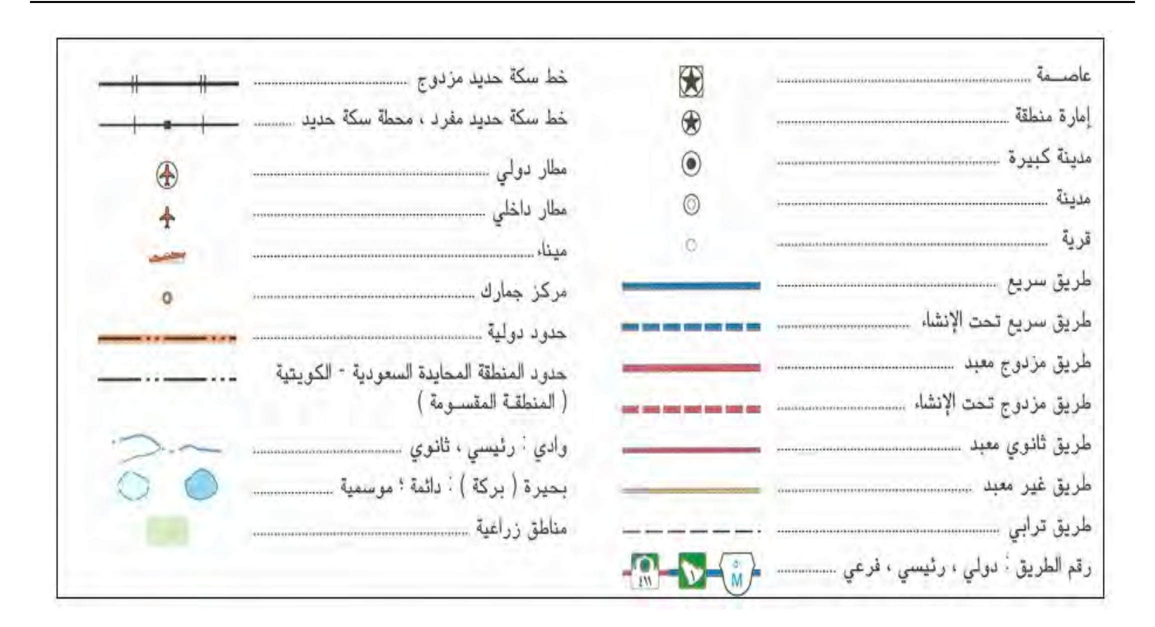
تقوم الجهات المسئولة عن إنتاج الخرائط في كل دولة بوضع و تصميم مفاتيح قياسية للخرائط طبقا لنوع الخريطة و مقياس رسمها. قد تختلف الرموز المستخدمة في مفتاح الخريطة من دولة لأخرى، إلا أن الاستفادة من هذه النماذج القياسية تزيد من خبرة مصمم الخريطة. الأشكال التالية تعطي نماذج لمفاتيح الخرائط في كلا من جمهورية مصر العربية و المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية.



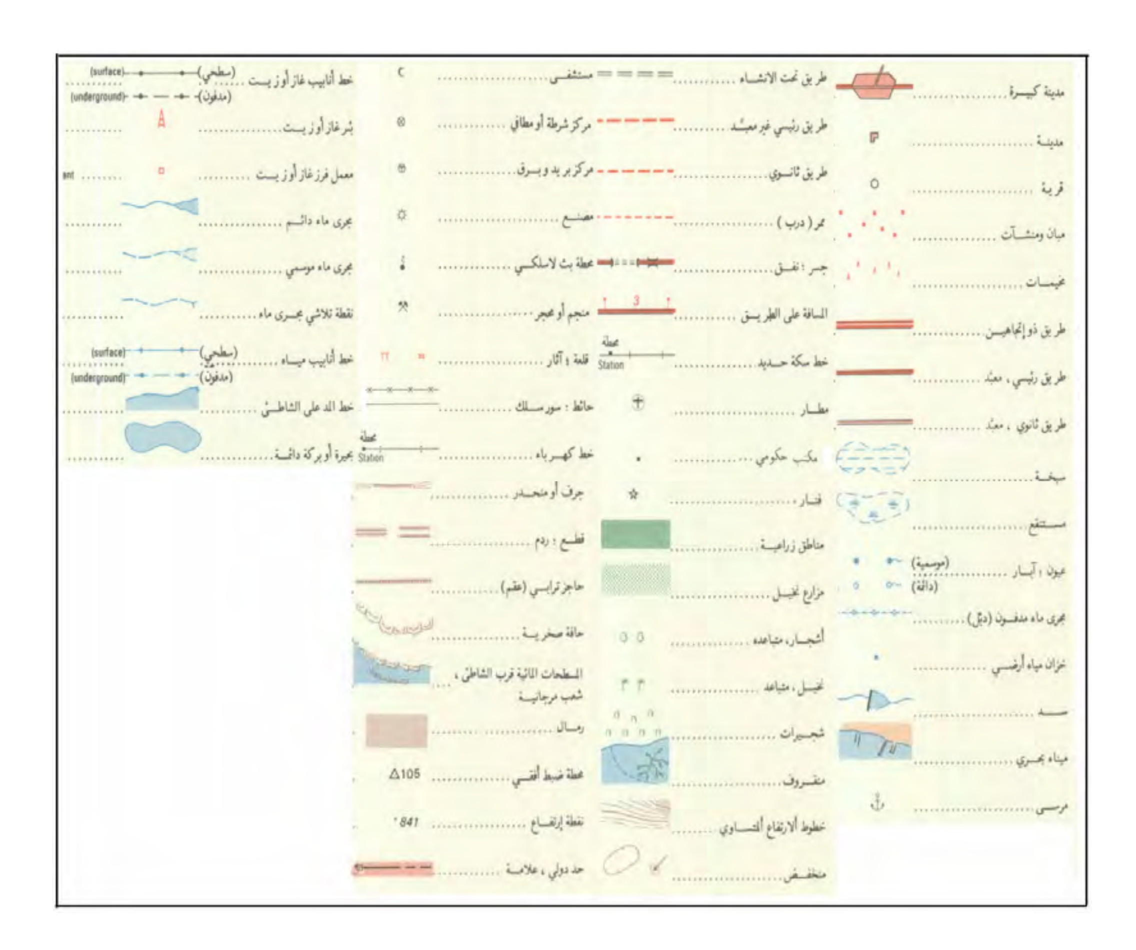
شكل (٢-٣٣) نموذج لمفتاح الخريطة المليونية في السعودية



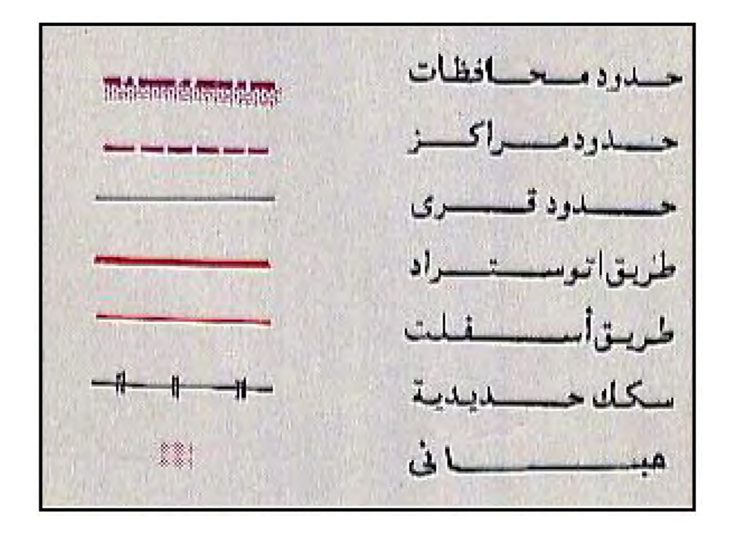
شكل (٢-٣٤) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في السعودية



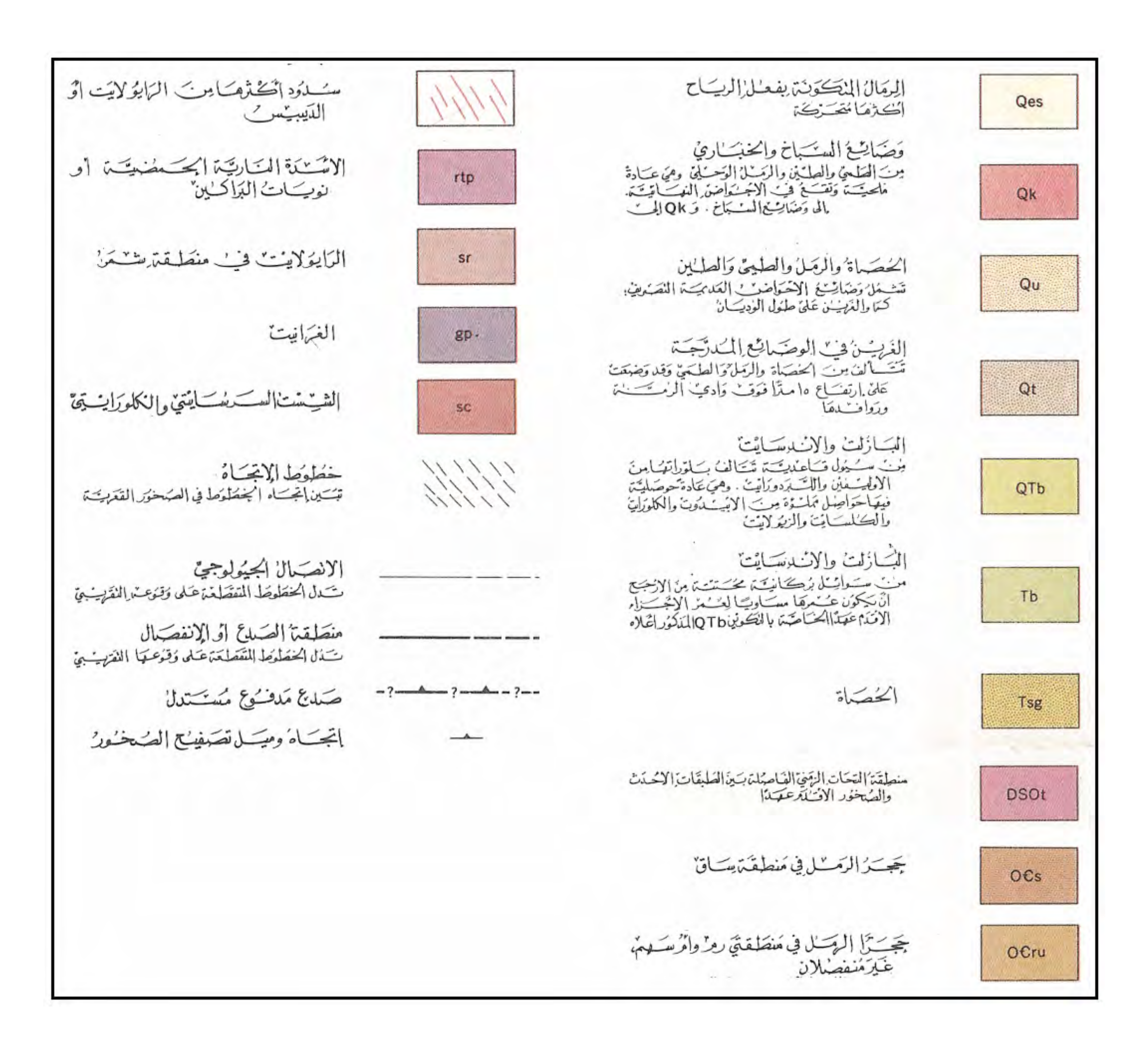
شكل (٢-٣٥) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في السعودية



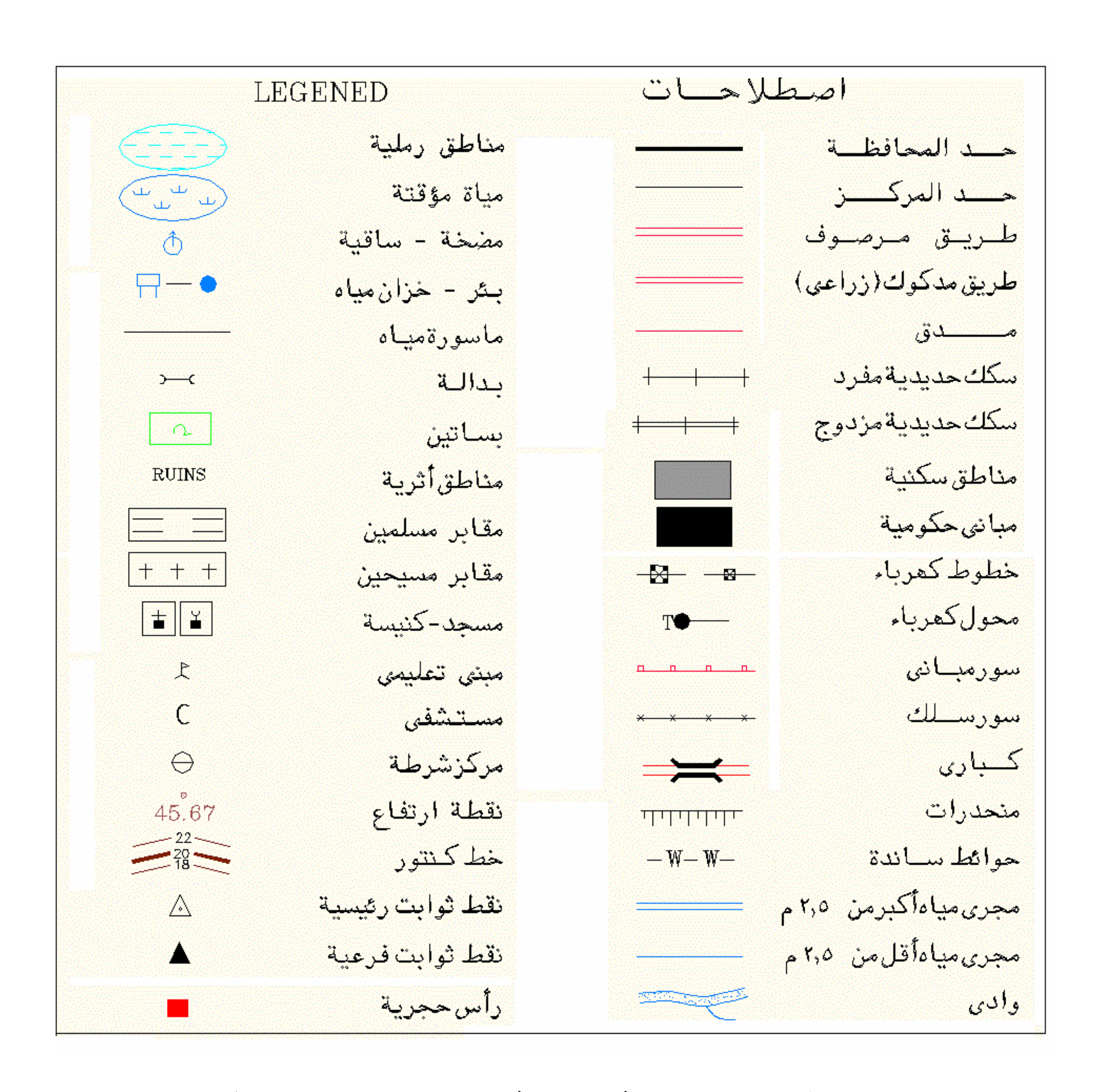
شكل (٢-٣٦) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في السعودية



شكل (٢-٣٧) نموذج لمفتاح الخريطة العامة مقياس رسم ١ : ٢٠٠،٠٠٠ في مصر



شكل (٢-٣٨) نموذج لمفتاح الخريطة الجيولوجية مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في السعودية



شكل (٢-٣٩) نموذج لمفتاح الخريطة التفصيلية مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ في مصر



شكل (٢-٤٠) نموذج لمفتاح الخريطة الطبوغرافية مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ في أمريكا

تقدم جامعة ميتشجان الأمريكية مقترحا لاستخدام الألوان في خرائط استعمالات الأراضي كما في الجدول و الشكل التاليين:

استخدام الأراضي	اللون
الاستخدامات السكنية	الأصفر
الاستخدامات التجارية و الخدمات (التجارية و الحكومية)	البرتقالي
الاستخدامات الصناعية	الأحمر
خدمات المواصلات و النقل	الأسود
الآبار ومناطق الاستخراج	البني
المناطق المفتوحة و الترفيهية	الأرجواني
المناطق الزراعية	الأخضر الفاتح
المراعي	الأبيض
الغابات	الأخضر
الصنوبريات	الأخضر الداكن
المناطق المائية (بحيرات و خزانات و سدود)	الأزرق
المناطق المبللة بالمياه	الأزرق الفاتح
الأراضي القاحلة و الكثبان الرملية	البيج



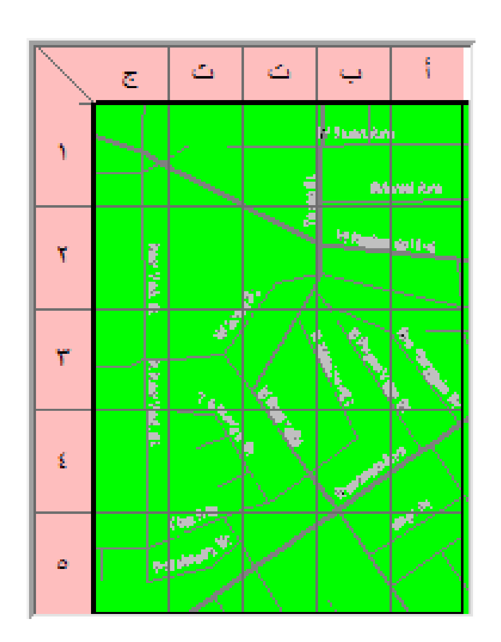
شكل (٢-٤١) نموذج لمفتاح خريطة استعمالات الأراضي في أمريكا (نموذج جامعة ميتشجان)

٢-٢-٥ شبكة الإحداثيات

تعد شبكة الإحداثيات من أهم أساسيات الخرائط فهي التي تحدد الموقع الجغرافي (أو المكاني) لمعالم الخريطة، و منها يمكن استنتاج اتجاه الشمال وأيضا يمكن استنتاج وحساب مقياس رسم الخريطة (إن لم يكونا ظاهرين عليها).

توجد ثلاثة أنواع من الإحداثيات المستخدمة في الخرائط:

(أ) الإحداثيات الجغرافية وتتكون من خطوط الطول و دوائر العرض
(ب) الإحداثيات المسقطة أو الإحداثيات المترية X,Y أو س ، ص
(ج) الإحداثيات التعليمية وهي تقسيم الخريطة إلي مربعات تأخذ الأعمدة أسماء الحروف بينما تأخذ الصفوف أرقام بحيث يكون علي الخريطة أسم (حرف و رقم) يحدد موقع كل مربع علي الخريطة. هذا النوع لا يعد من الإحداثيات الجغرافية أو الهندسية، إنما يستخدم فقط كإحداثيات مبسطة للخرائط السياحية و التعليمية.



شكل (٢-٤٢) الإحداثيات التعليمية

نظرا لأهمية و تعدد أنواع و نظم الإحداثيات المستخدمة في الطبيعة و في الخرائط فسيتم شرحها بالتفصيل في الفصل القادم.

٢-٣ نظم ترتيب الخرائط فى مصر و السعودية

٢-٣-١ نظم ترتيب الخرائط فى مصر

في جمهورية مصر العربية تعد الهيئة المصرية العامة للمساحة هي الجهة الحكومية الأساسية لإنتاج الخرائط الجغرافية و الطبوغرافية و التفصيلية بكافة مقاييس الرسم ولكافة أنحاء الجمهورية. كما توجد بعض الجهات الأخرى (حكومية و خاصة) تنتج بعض أنواع الخرائط لمناطق محددة في الجمهورية، منها علي سبيل المثال الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية و المشروعات التعدينية التي تنتج الخرائط الجيولوجية لمصر.

(أ) الخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة والمتوسطة:

١. رسمت الخريطة الأساسية لمصر بمقياس رسم ١ : ٢،٠٠٠،٠٠٠ وطبعت علي لوحة واحدة تمثل مصر و الدول المجاورة لها وتظهر بها المعالم الجغرافية الرئيسية من أنهار و جبال وأيضا التقسيم الإداري لمصر.

٢. تغطي مصر ستة خرائط من الخرائط المليونية (مقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠) والتي تغطي الخريطة الواحدة ٦ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط:
أ- الإسكندرية NH35
ب- الداخلة NG35
ت- العوينات NF35
ث- القاهرة NH36
ج- أسوان NG36
ح- وادي حلفا NF36
أما الجزء الجنوبي الشرقي من مصر فيظهر في الخريطة المليونية المعروفة بأسم مكة المكرمة.

تطبع كل خريطة مليونية علي ورقة تبلغ أبعادها ٥٩ سنتيمتر شرقا و ٤٥ سنتيمتر شمالا.

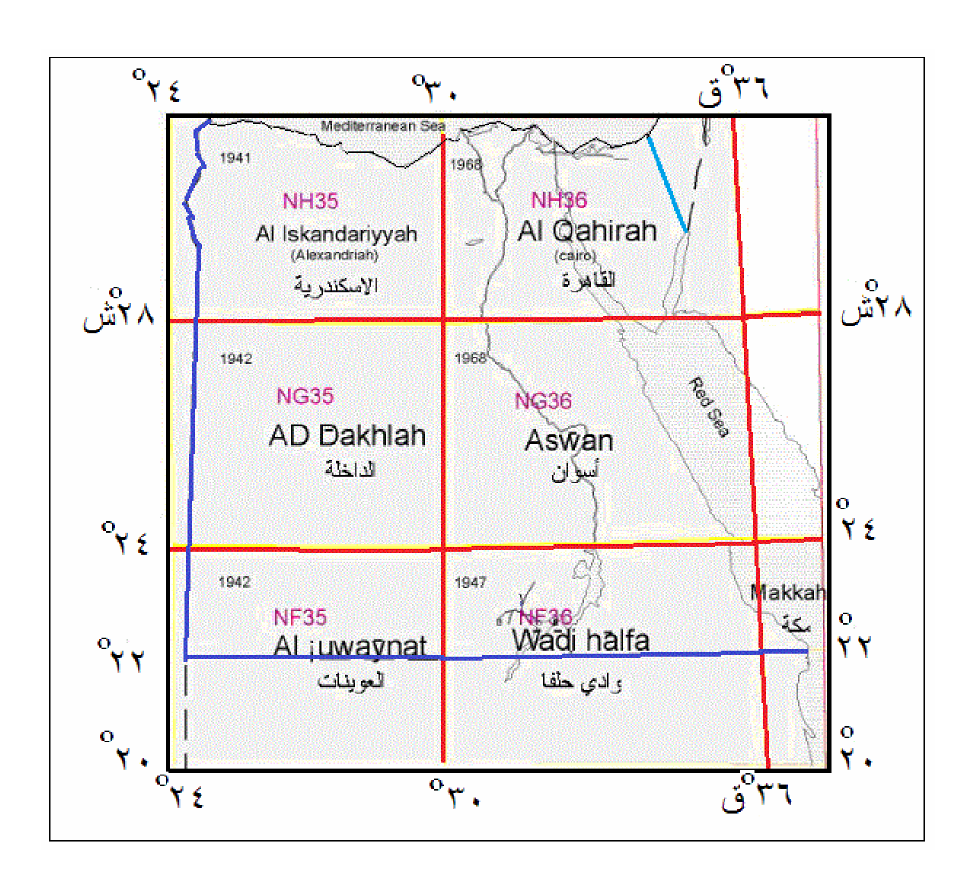
طبقا للمواصفات العالمية فأن الألوان المستخدمة في هذه الخرائط تتكون من:
- اللون الأسود: المدن و السكك الحديدية
- اللون الأحمر: الطرق
- اللون الأزرق: الترع و الوديان وحدود البحار وتدرج الأعماق.
- اللون البني: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٥٠٠ إلي ١٠٠٠ متر.
- اللون الأخضر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من صفر إلي ٢٠٠ متر.
- اللون الأصفر: تضاريس الأرض ذات الارتفاعات من ٢٠٠ إلي ٥٠٠ متر.

٣. تغطي مصر ٢١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.
- تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا خريطة القاهرة المليونية أسمها

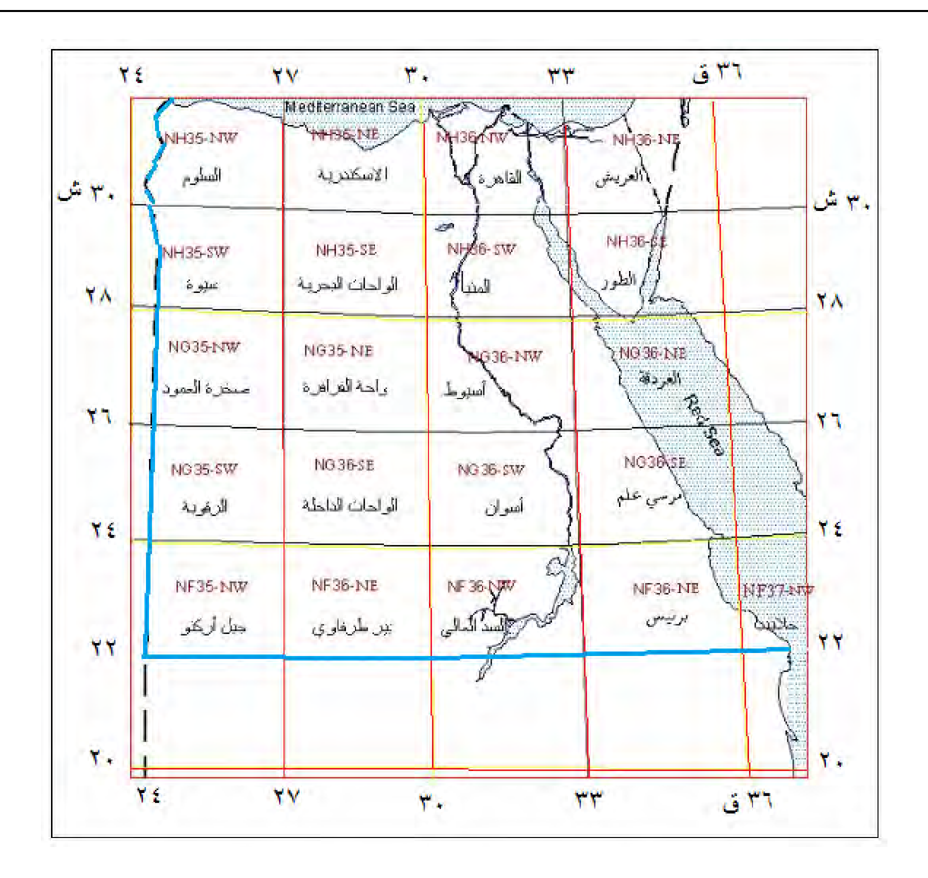
NH36 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH36-NE (العريش) و NH36-NW (القاهرة) و NH36-SE (الطور) و NH36-SW (المنيا).

- سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط: العريش، القاهرة، الإسكندرية، السلوم، الطور، المنيا، الواحات البحرية، سيوة، الغردقة، أسيوط، الفرافرة، صخرة العمود، مرسي علم، أسوان، الداخلة، الرقوبة، حلايب، برنيس، السد العالي، بئر طرفاوي، جبل أركنو.

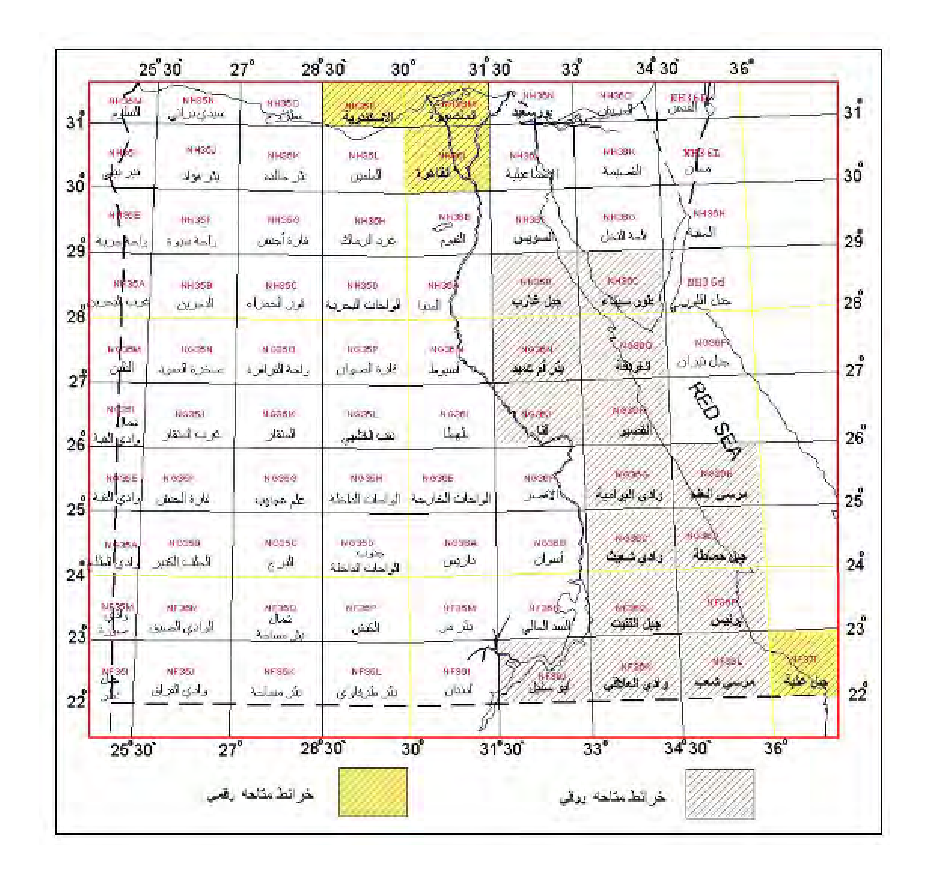
٤. تغطي مصر ٨٠ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجة من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض. لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والبعض منها متاح ورقيا بينما بعضها متاح أيضا في صورة رقمية.



شكل (٢-٤٣) دليل الخرائط المليونية في مصر



شكل (٢-٤٤) دليل خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في مصر



شكل (٢-٤٥) دليل خرائط ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في مصر

٥. توجد بعض الخرائط مصر ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣٠ دقيقة من خطوط الطول و ٤٠ دقيقة من دوائر العرض. والمتاح من هذه الخرائط هو ما يغطي الأراضي الزراعية في الدلتا و محافظات جنوب مصر حتى أسيوط.

٦. تغطي مصر ١٥٣١ خريطة من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض (جوالي ٢٥ كيلومتر شرقا و ٢٧ كيلومتر شمالا).
- لم تكتمل كل هذه الخرائط للجمهورية، والمتاح منها حتى الآن حوالي ٤٤٥ خريطة تشمل الوجه البحري و الوجه القبلي و الصحراء الشرقية.
- تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٥١ × ٥٥ سنتيمتر.
- تطبع خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
  - الأسود: للمعالم الحضرية
  - الأحمر: للطرق والمدن و القرى
  - الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
  - البني: لخطوط الكنتور
  - الأخضر: للأراضي الزراعية
- تحتوي هذه الخرائط علي المعالم الجغرافية التالية:
  - التضاريس: خطوط الكنتور و نقاط الارتفاع و نقاط الثوابت الأرضية
  - النقل: الطرق و السكك الحديدية و الكباري و الاتفاق
  - المعالم الصناعية (المناجم و المحاجر) و التجمعات السكنية و الحدود السياسية وحدود المحافظات و حدود المراكز
  - الأراضي المزروعة و الأراضي المستصلحة و الأشجار ومحطات الصرف و معالجة المياه
  - الأماكن التاريخية
  - المياه: الأنهار و البحيرات والسدود و الآبار و العيون المائية
  - المرافق: خطوط ومحولات الكهرباء (الضغط العالي) وخطوط التليفونات و الغاز
- يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط كالآتي:
  - تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠،٠٠٠ وترقم بالحروف الانجليزية الكبيرة من A إلي P ، مثلا: NH36-M
  - تقسم كل خريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ إلي ٦ خرائط ١ : ١٠٠،٠٠٠ ترقم بالأرقام من ١ إلي ٦ ، مثلا NH36-M2
  - تقسم كل خريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ ترقم بالحروف الانجليزية الصغيرة من a إلي d ، مثلا NH36-M2a
- يكون الفاصل الكنتوري في هذه الخرائط ١٠ متر للأراضي الصحراوية و ١ متر في الأراضي الزراعية.

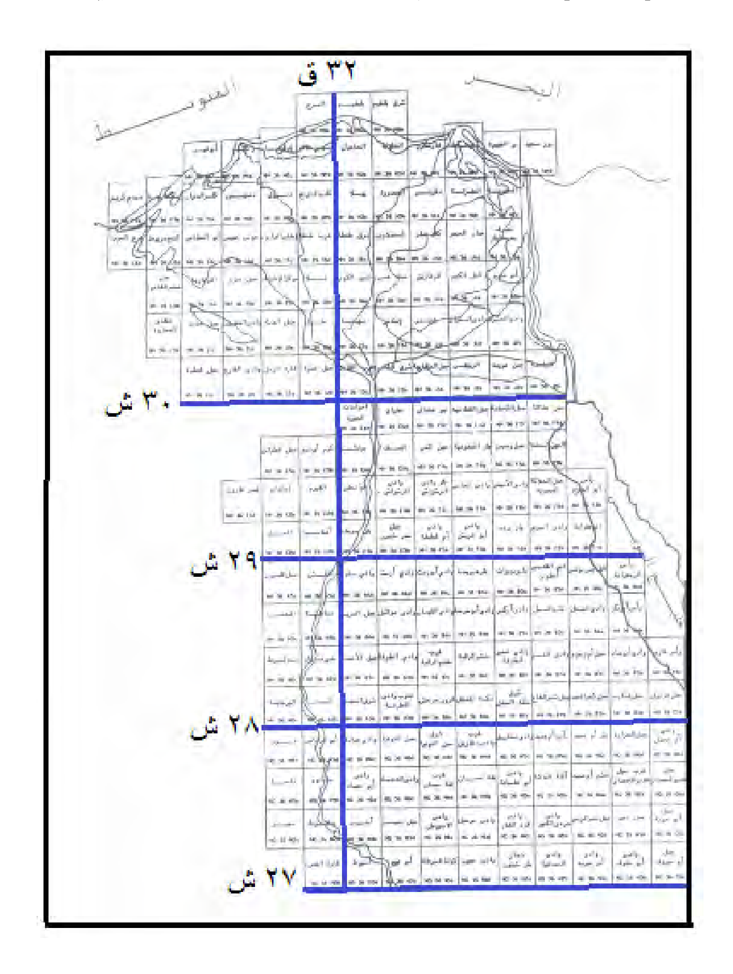
31 15 E | 32 00 E

30 30 N

أنشاص Inshās NH36-I3d	بلبيس Bilbays NH36-J1c	وادي سكران Wadi Sakran NH36-J1d
شرق القاهرة Sharq al- Qahiran (Cairo East) NH36-I3b	جبل العنقابية Jabal al-'Anqābiyyah NH36-J1a	الربيكي Ar-Rubayqi NH36-J1b
حلوان Hilwan NH36-E6d	بئر جندالي Bi'r Jindāli NH36-F4c	القطامية AlQattāmiyyah NH36-F4d

29 35 N

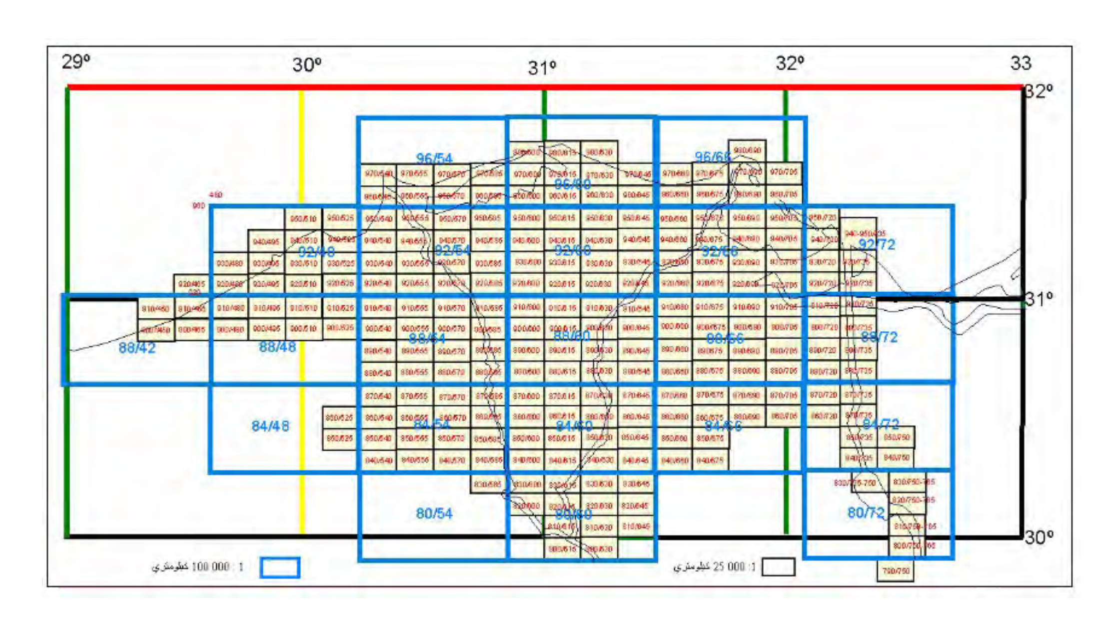
شكل (٢-٤٦) مثال لترقيم الخرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر



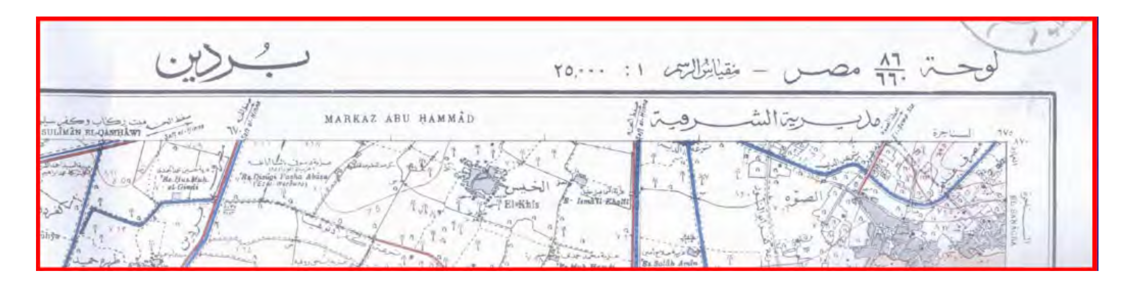
شكل (٢-٤٧) جزء من دليل خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠ في مصر

٧. متاح في مصر ٤٩١ خريطة فقط من الخرائط ذات مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ كيلومتر شرقا و ١٠ كيلومتر شمالا، تغطي الأراضي الزراعية لوادي النيل من شمال الدلتا حتى أسوان جنوبا (أوقف العمل بهذا المقياس منذ عام ١٩٦٧م).

- تبلغ أبعاد الخريطة الواحدة ٦٠ × ٤٠ سنتيمتر.
- تطبع خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ بعدة ألوان تتكون من:
  - الأسود: للمعالم الحضرية
  - الأحمر: للطرق والمدن و القرى
  - الأزرق: الترع و البرك و المصارف والبحيرات
  - البني: لخطوط الكنتور ونقاط الارتفاعات
  - الأخضر: للأراضي الزراعية
  - الرمادي: للمساحات والمناطق السكنية
  - البني الفاتح: لمناطق الرمال
- يتكون نظام ترقيم هذه الخرائط من بسط و مقام يعبران عن الإحداثيات الكيلومترية للركن الجنوبي الغربي للخريطة: يكون البسط هو قيمة الاحداثي الشمالي بعشرات الكيلومترات بينما يكون المقام هو قيمة الاحداثي الشرقي بالكيلومترات. مثال: الخريطة ذات الإحداثيات (الركن الجنوبي الغربي) ٥٥٥، ٩٤٠ كيلومتر يكون رقمها ٩٤/٥٥٥.



شكل (٢-٤٨) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر



شكل (٢-٤٩) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر

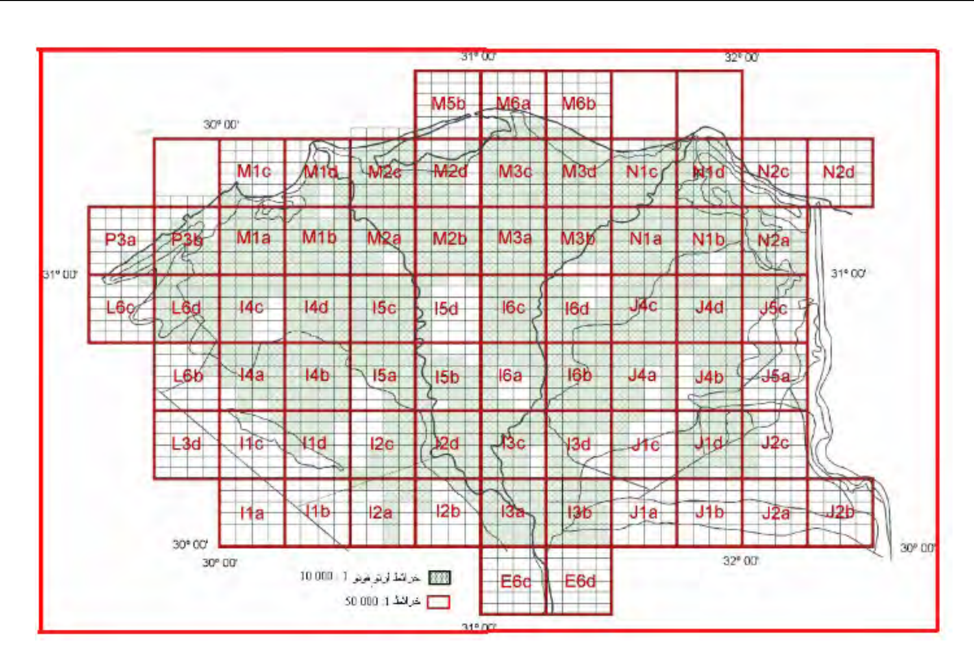
87 / 645 — ٨٧ / ٦٤٥	87 / 660 — ٨٧ / ٦٦٠	87 / 675 — ٨٧ / ٦٧٥
86 / 645 — ٨٦ / ٦٤٥	86 / 660 — ٨٦ / ٦٦٠	86 / 675 — ٨٦ / ٦٧٥
85 / 645 — ٨٥ / ٦٤٥	85 / 660 — ٨٥ / ٦٦٠	85 / 675 — ٨٥ / ٦٧٥

شكل (٢-٥٠) مثال لترقيم خرائط ١ : ٢٥،٠٠٠ في مصر

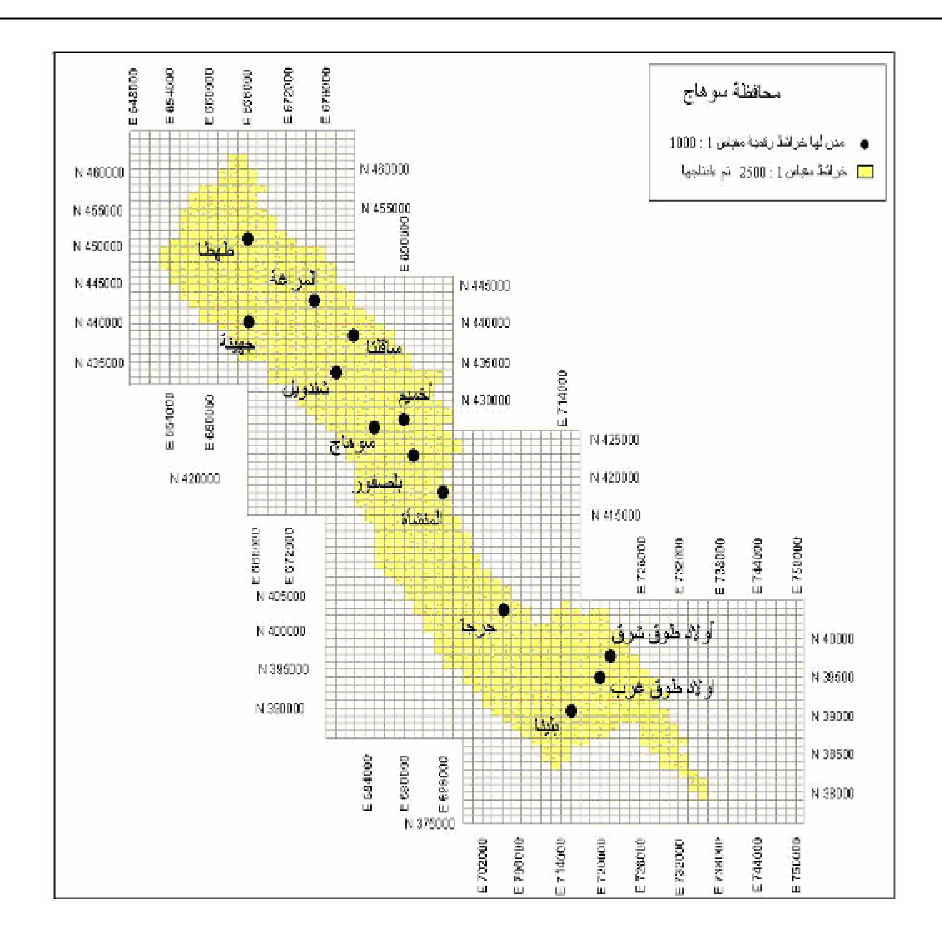
<u>(ب) الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة:</u>

تغطي المناطق المعمورة من مصر عدة أنواع من الخرائط التفصيلية كما في الجدول التالي:

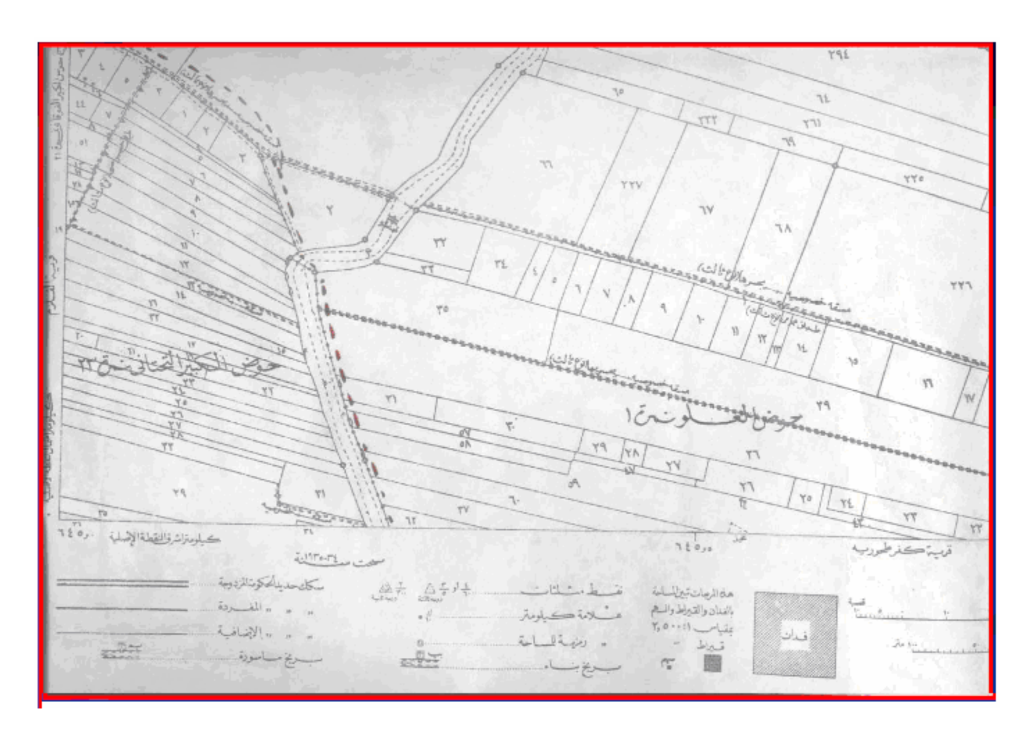
مقياس الرسم	نوع الخريطة	طول المنطقة بالكيلومتر	عرض المنطقة بالكيلومتر
١ : ١٠٠،٠٠٠	تفصيلية	٦	٤
١ : ٥٠،٠٠٠	تفصيلية	٣	٢
١ : ٢٥٠٠	فك الزمام (المناطق الزراعية)	١.٥	١
١ : ١٠٠٠	تفريد مدن (داخل المدن)	٠.٦	٠.٤
١ : ٥٠٠		٠.٣	٠.٢



شكل (٢-٥١) جزء من دليل خرائط ١ : ١٠٠،٠٠٠ لشمال الدلتا في مصر



شكل (٢-٥٢) جزء من دليل خرائط ١ : ٢٥٠٠ لمحافظة سوهاج في مصر



شكل (٢-٥٣) مثال لجزء من خريطة ١ : ٢٥٠٠ في مصر

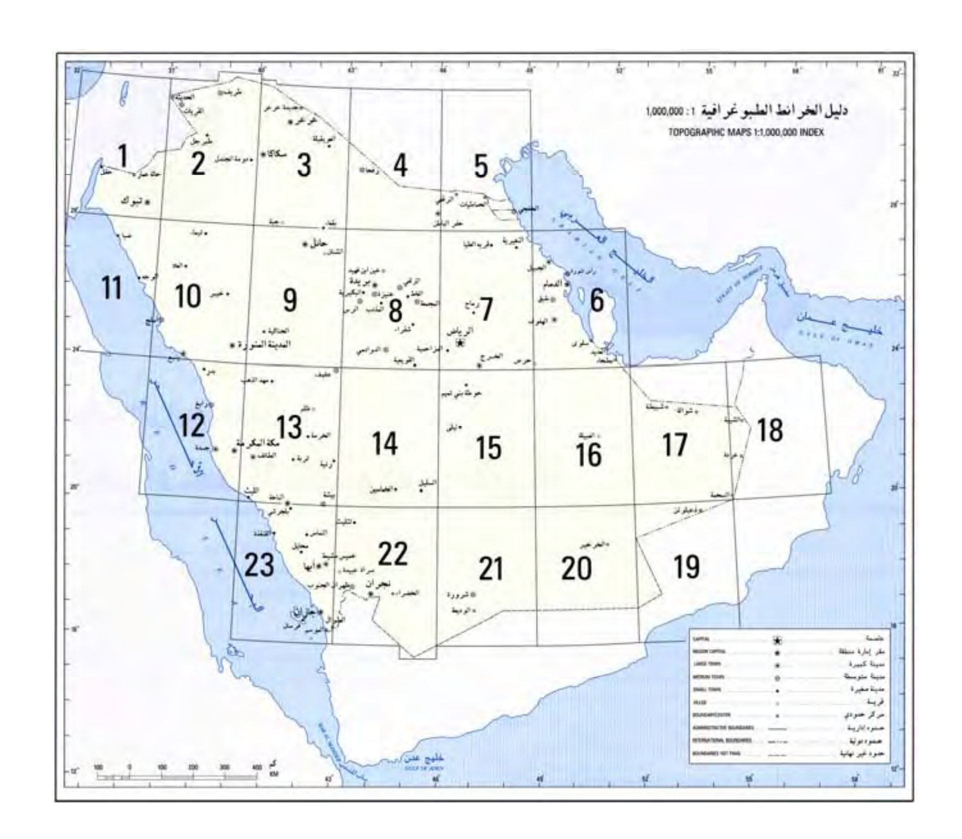
٢-٣-٢ نظم ترتيب الخرائط فى السعودية

تعد الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع الطيران أكبر الجهات المنتجة للخرائط الجغرافية في المملكة العربية السعودية. كما قامت بعض الجهات الحكومية الأخرى بإنتاج بعض الخرائط الطبوغرافية لبعض مناطق المملكة مثل وزارة الشئون البلدية و القروية – وكالة الوزارة لتخطيط المدن، و إدارة المساحة الجوية بوزارة البترول و الثروة المعدنية. كما تقوم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بإنتاج الخرائط الجيولوجية في المملكة. أيضا يقوم معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج و العمرة بجامعة أم القرى سنويا بإنتاج خرائط للمشاعر المقدسة (مني و مزدلفة و عرفات) بمدينة مكة المكرمة. كذلك توجد بعض الشركات الأهلية (مثل شركة الفارسي) التي تنتج بعض خرائط المدن الكبرى في المملكة سواء خرائط مطبوعة أو خرائط رقمية علي CD.

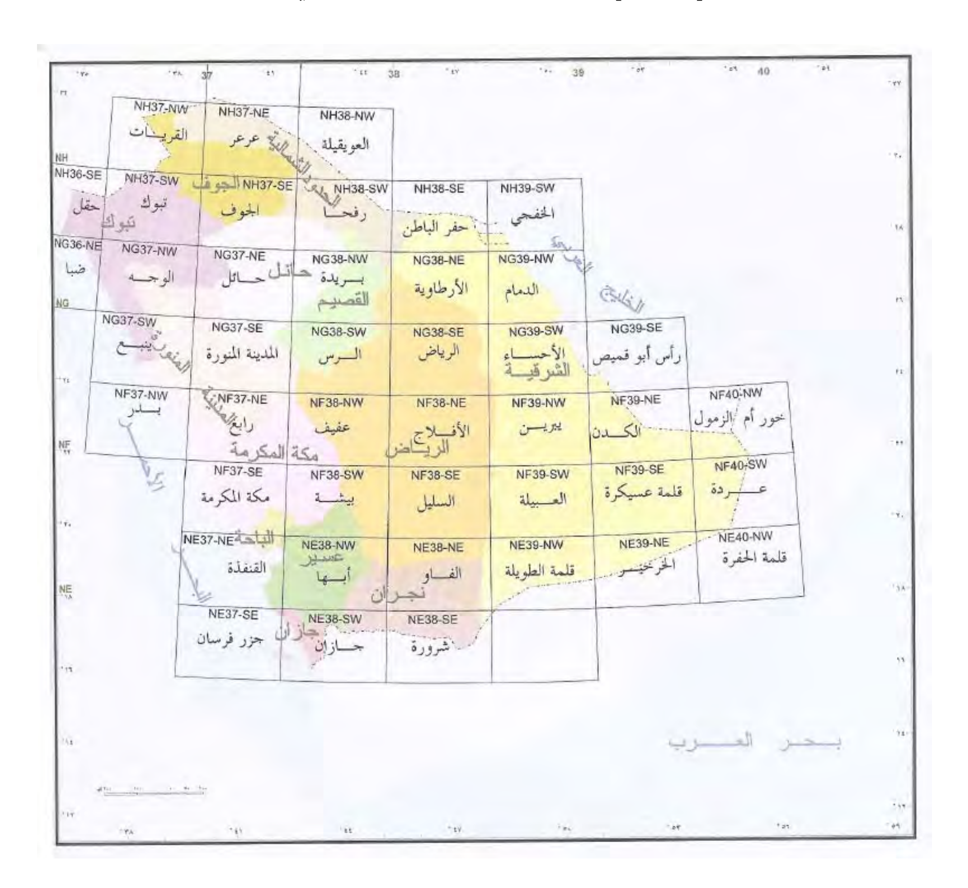
١. تعد أحدث الخرائط الجغرافية للمملكة العربية السعودية هي تلك الخريطة التي أنتجتها الإدارة العامة للمساحة العسكرية بوزارة الدفاع و الطيران بمقياس رسم ١ : ٤،٠٠٠،٠٠٠ في عام ١٤٣٢ هـ / ٢٠١١ م. تغطي الخريطة كامل حدود المملكة مع الدول المجاورة وتظهر بها أهم المعالم الطبوغرافية للمملكة من مدن و طرق رئيسية والمطارات والمناطق الزراعية و الحدود الدولية والأودية الرئيسية بالإضافة إلي تضاريس الأرض.

٢. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية ٢٣ خريطة تغطي المنطقة بين خطي طول ٣٤ و ٥٨ درجة شرقا وبين دائرتي عرض ١٦ و ٣٢ درجة شمالا. تغطي الخريطة الواحدة عدد ٣ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض. ويتم ترقيم الخرائط بأرقام تبدأ من ١ إلي ٢٣ كما هو موضح بالشكل التالي.

٣. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ عدد ٤٣ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ٣ درجات من خطوط الطول و ٢ درجة من دوائر العرض.
   - تقسم الخريطة المليونية إلي ٤ أركان، ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين أسم الربع الواقع به الخريطة. فمثلا الخريطة المليونية المسماة NH37 فيتم تقسيمها إلي ٤ أركان: الشمال الشرقي NH و الشمال الغربي NW و الجنوب الشرقي SE والجنوب الغربي SW، وتأخذ خرائط ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في هذه المنطقة أرقام NH37-NE (عرعر) و NH37-NW (القريات) و NH37-SE (الجوف) و NH37-SW (تبوك).
   - سميت هذه الخرائط بأسماء أهم المعالم الجغرافية بها فجاءت أسماء الخرائط علي سبيل المثال: المدينة المنورة، مكة المكرمة، تبوك، الجوف، حائل، أبها، الرياض.



شكل (٢-٥٤) دليل الخرائط المليونية في المملكة

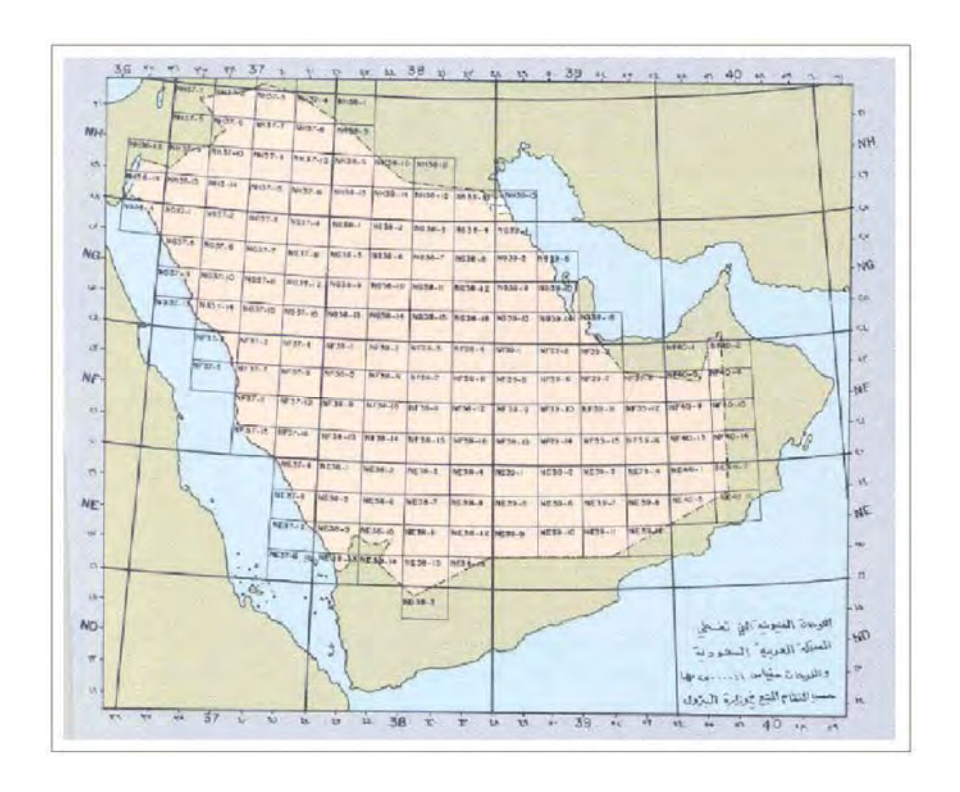


شكل (٢-٥٥) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠٠،٠٠٠ في المملكة

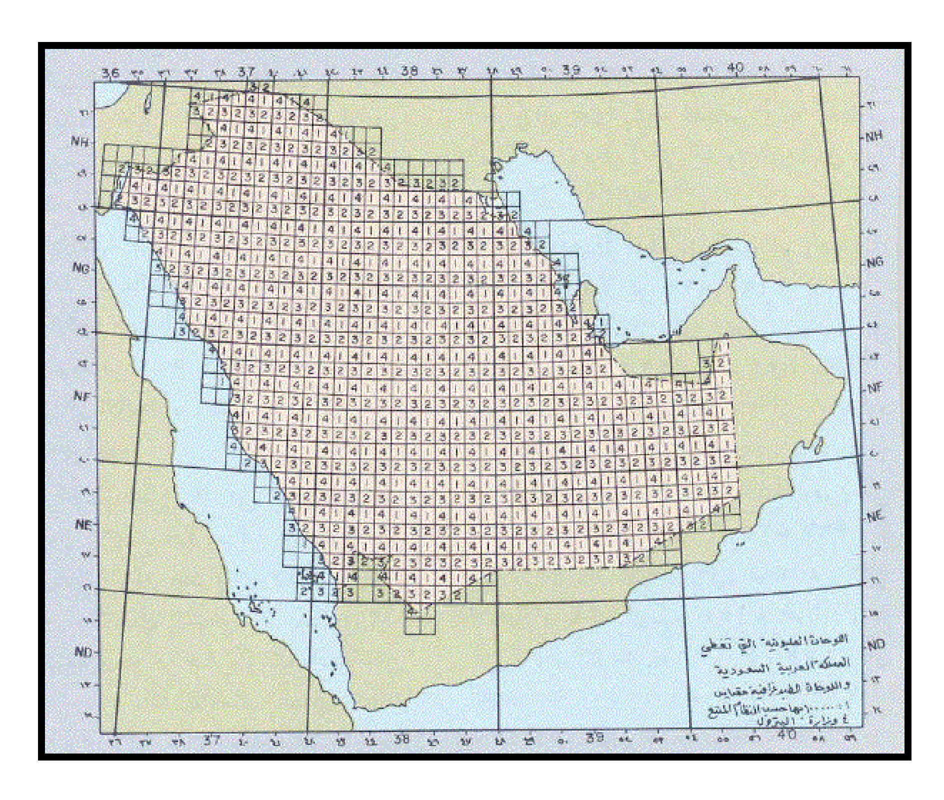
٤. يبلغ عدد الخرائط الطبوغرافية التي تغطي المملكة العربية السعودية بمقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ عدد ١٥٥ خريطة. والتي تغطي الخريطة الواحدة ١.٥ درجات من خطوط الطول و ١ درجة من دوائر العرض.
 - تقسم الخريطة المليونية إلي ١٦ خريطة بمقياس ١: ٢٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ١٦ بدءا من الركن الشمالي الغربي من الخريطة المليونية ومن الغرب إلي الشرق. ويكتب رقم الخريطة المليونية ويتبعه من جهة اليمين رقم الخريطة. مثلا الخريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ التي بها مدينة الرياض هي رقم NG38-16.

٥. لم تنتج خرائط طبوغرافية ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ (نغطي الواحدة ٠.٥ درجة من خطوط الطول و ٠.٥ درجة من دوائر العرض)، إلا أنه تم اعتماد أسلوب لترقيمها (تعتمد عليه أرقام خرائط ١ : ٥٠،٠٠٠). تسمي كل خريطة بإحداثيات الركن الجنوبي الغربي للمربع الممتد ١ × ١ درجة وتقع به الخريطة، ثم يقسم كل مربع إلي ٤ أقسام تسمي بالأرقام من ١ إلي ٤ بدءا من الربع الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقرب الساعة، ثم يضاف هذا الرقم إلي الاحداثي الجنوبي الغربي للمربع. فمثلا تقع مدينة الرياض في المربع الذي إحداثياته عند دائرة عرض ٢٤ درجة شمالا و خط طول ٤٦ درجة شرقا، ويكتب هذا المربع: 4624 أي درجة الطول علي اليسار ودائرة العرض علي اليمين. وعند تقسيم هذا المربع إلي ٤ أقسام فأن مدينة الرياض ستقع في المربع الجنوبي الشرقي (أي المربع رقم ٢) وبالتالي فأن خريطة الرياض من مقياس الرسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ يكون أسمها 4624-2.

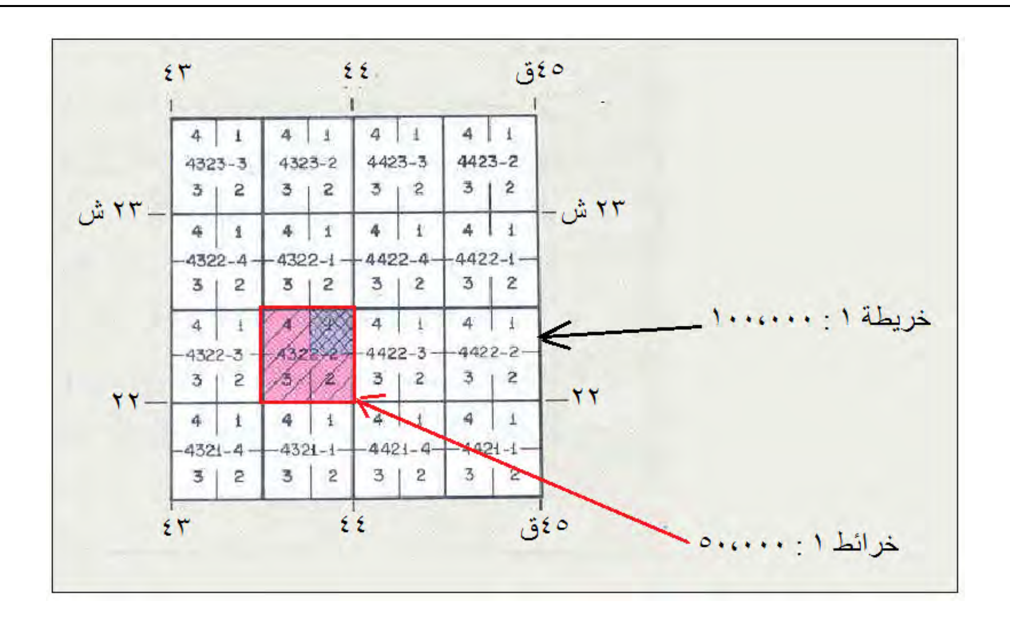
٦. الخرائط الطبوغرافية ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ ، والتي تغطي الخريطة الواحدة ١٥ دقيقة من خطوط الطول و ١٥ دقيقة من دوائر العرض.
 - تقسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ إلي ٤ خرائط بمقياس ١: ٥٠،٠٠٠ وترقم الخرائط من ١ إلي ٤ بدءا من الركن الشمالي الشرقي وفي اتجاه حركة عقارب الساعة. ويضاف هذا الرقم إلي أسم الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠. مثلا تقع مدينة الرياض في المربع **الثالث** (الجنوبي الغربي) من أقسام الخريطة ١ : ١٠٠،٠٠٠ وبالتالي فيكون أسم خريطة الرياض من مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ هو 4624-2**3**.



شكل (٢-٥٦) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠ في المملكة



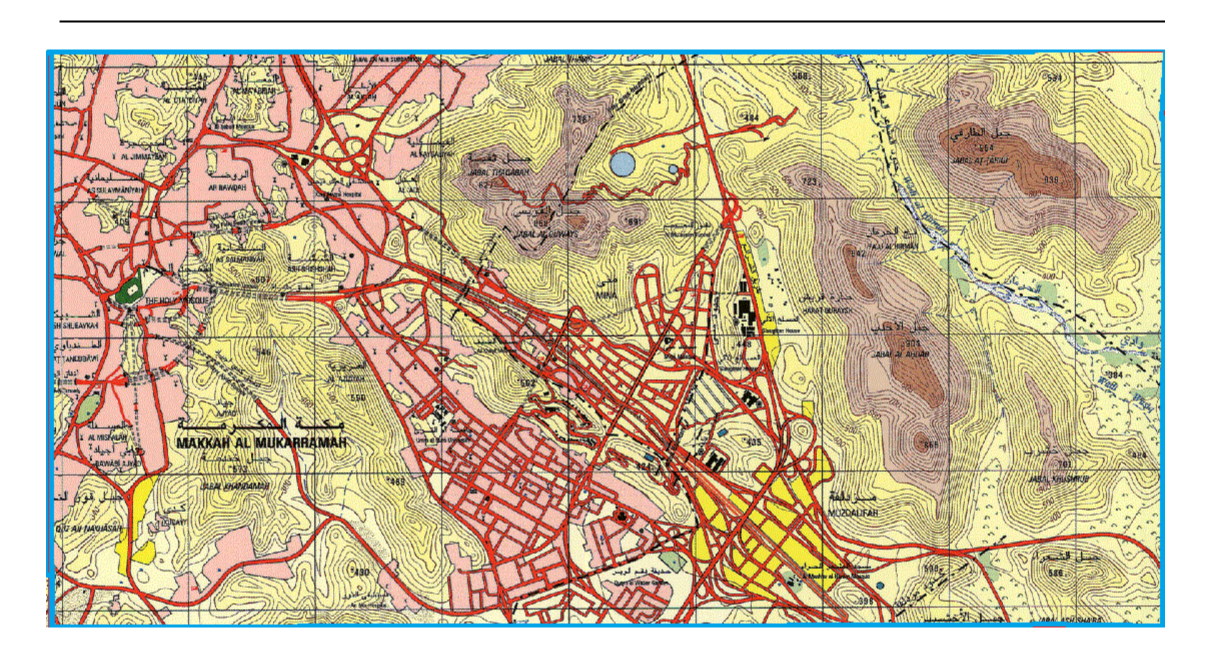
شكل (٢-٥٧) دليل الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة

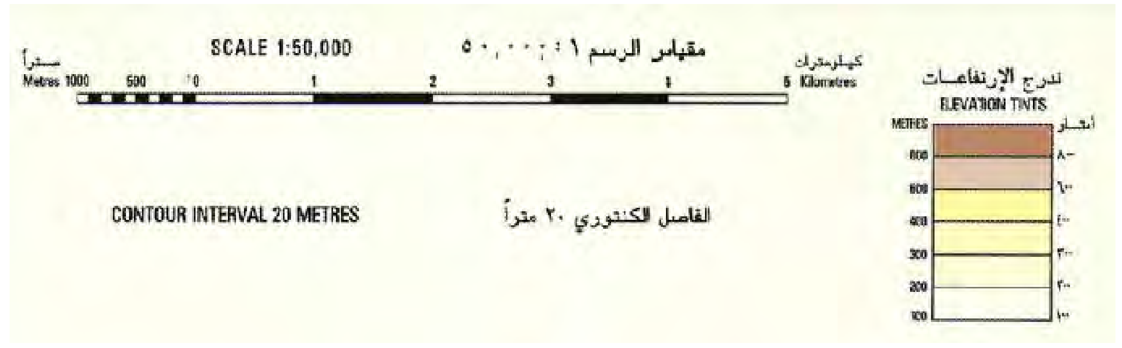


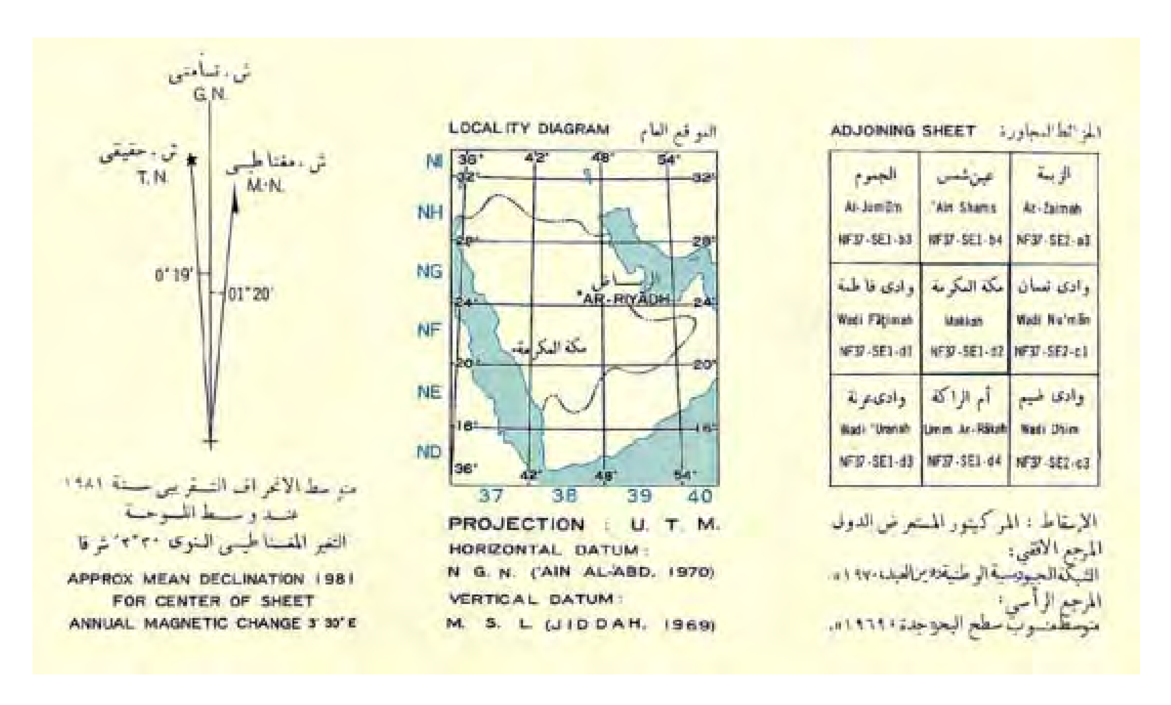
شكل (٢-٥٨) مثال لترقيم الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة

أهم ما يميز الخريطة الطبوغرافية ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة الآتي:

- أبعاد الخريطة ٥٠ سنتيمتر في اتجاه الشرق و ٥٥ سنتيمتر في اتجاه الشمال.
- تغطي الخريطة تقريبا ٦٩٣ كيلومتر مربع من الأرض.
- يوجد إطاران علي الخريطة:
  - الإطار الداخلي به تدريج كل ٥ دقائق من خطوط الطول و دوائر العرض، أي أن الخريطة تحتوي علي ٩ مربعات فلكية طول ضلع المربع الواحد ٥ دقائق.
  - الإطار الخارجي وتظهر عليه الإحداثيات الكيلومترية، وتكتب الكيلومترات الكاملة كل ١٠ كيلومتر بينما تكتب آحاد و عشرات الكيلومترات فقط كل ٢ كيلومتر.
- يكتب عنوان الخريطة في وسط الجزء العلوي منها، وعلي يمينه المسمي الاحداثي باللغة العربية وعلي يساره المسمي الاحداثي باللغة الانجليزية.
- في وسط الجزء السفلي من الخريطة يوجد مقياس الرسم الخطي الدقيق ويقيس إلي كيلومترات صحيحة و دقته ١٠٠ متر. كما يوجد أيضا مقياس رسم آخر بقيس إلي أميال صحيحة و دقته ٥٠٠ ياردة.
- علي يمين مقياس الرسم بيانات عن الاتجاهات (الانحرافات) الجغرافية والمغناطيسية والعلاقة بينهما (زاوية الاختلاف) وتاريخ رصدها وقيمة التغير السنوي لها واتجاهه. كما توجد معلومات عن المسقط المستخدم (UTM علي اليبسويد هايفورد) وأيضا مرجع الشبكة الجيوديسية (عين العبد ١٩٧٠) ومرجع الأبعاد الرأسية (وهو متوسط سطح البحر عند مدينة جدة).
- علي يسار مقياس الرسم يوجد رسم تخطيطي لنظام ترقيم اللوحات و دليل اللوحات المجاورة.
- علي يمين الخريطة يوجد مفتاح الخريطة والذي يتضمن قائمة بمصطلحات و رموز الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية الظاهرة في الخريطة.
- الفاصل (أو الفترة) الكنتورية تبلغ ٢٠ متر، ويرسم خط كنتور المئات الصحيحة من الأمتار بخط أكثر سمكا.
- تتكون ألوان الظاهرات الجغرافية علي الخريطة من:
  - الكثبان الرملية: اللون البني
  - الظواهر المائية (مجاري الأودية و البرك و السبخات): اللون الأزرق
  - المناطق الزراعية: اللون الأخضر
  - المناطق السكنية و الطرق: اللون الأحمر.
- تظهر تصنيفات الطرق علي الخريطة كالتالي:
  - الطرق الرئيسية: خط سميك متصل أحمر
  - الطرق الثانوية: خط مقطع رفيع أحمر
  - المدقات والدروب الصحراوية: خط مقطع رفيع أسود







شكل (٢-٥٩) مثال لأجزاء من خريطة ١ : ٥٠،٠٠٠ في المملكة
(جزء من مدينة مكة المكرمة)

الفصل الثالث

علم المساحة و علم الخرائط

يمكن تعريف علم المساحة بأنه علم تحديد المواقع للمظاهر الطبيعية و البشرية الموجودة علي أو تحت سطح الأرض وتمثيل هذه المظاهر علي خرائط تقليدية (مطبوعة) أو رقمية (باستخدام الحاسب الآلي). توجد علاقة وثيقة بين علمي المساحة و الخرائط حيث أن القياسات المساحية هي مدخلات input إعداد الخريطة، ومن ثم فيجب علي صانع الخريطة Mapmaker والكارتوجرافي أن يلم بأساسيات وطرق و تقنيات العلوم المساحية للقياس علي سطح الأرض.

٣-١ المساحة علم القياس على الأرض

ترجع بدايات علم المساحة إلي آلاف السنين حيث وجدت آثار تدل علي أن قدماء المصريين (ألف و خمسمائة عام قبل الميلاد) قد استخدموا المساحة في قياس و تحديد الملكيات الزراعية وذلك بهدف حساب مساحات الأراضي الزراعية لتقدير الضرائب لها ، وأيضا في إعادة تثبيت علامات حدود الملكيات بعد حدوث فيضان عالي لنهر النيل. وأستخدم المصريون القدماء أدوات بسيطة لقياس المسافات و اخترعوا وحدات لها. وكان يطلق علي العاملين بالمساحة أسم "شادي الحبل" Rope Stretchers حيث كانوا يستخدمون الحبال في قياس المسافات. كما تثبت الخصائص الهندسية لأهرامات الجيزة في مصر (وخاصة تساوي أضلاع الأضلاع بدقة و التوجه الدقيق لجهة الشمال) وكذلك اختيار موقع معبد أبو سمبل في جنوب مصر (بحيث تتعامد أشعة الشمس علي وجه تمثال الملك تحديدا في يوم عيد ميلاده) أن المصريين القدماء كانت لديهم خبرة جيدة بأعمال المساحة. ومن أشهر التجارب المساحية في ذلك العصر ما قام به العالم الإغريقي أرسطوستثنيس Eratosthenes - في عام ٢٠٠ قبل الميلاد تقريبا في مدينة الإسكندرية - بمحاولة حساب محيط الأرض والتي كانت بداية علم المساحة الجيوديسية. تلا ذلك ابتكار اليونانيون والرومان لعدد من أجهزة المساحة لعمل التوجيه والتسوية ويعتبر العالم اليوناني هيرون Heron - في عام ١٢٠ قبل الميلاد - الرائد الأول في المساحة والذي حولها إلي علم متخصص يحتاج للدراسة و التدريب.

تطور علم المساحة بدرجة هائلة في القرن العشرين الميلادي مع ابتكار أجهزة قياس المسافات بالليزر وإطلاق الأقمار الصناعية واختراع الحاسبات الآلية. ومع تعدد تطبيقات علم المساحة في المجالات المدنية و العسكرية علي كافة تخصصاتها بدأ البعض يطلق أسماء جديدة علي هذا العلم مثل علم الجيوماتكس Geomatics ليكون تعبيرا شاملا عن التكامل بين المساحة الأرضية و المساحة الفضائية و الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. ومن التعريفات الحديثة لعلم الجيوماتكس أنه العلم و الفن و التقنيات الخاصة بالطرق والوسائل المختلفة لقياس و تجميع المعلومات الخاصة بالسطح الفيزيائي و البيئي للأرض والتعامل مع هذه المعلومات لإنتاج خرائط متعددة الأغراض مع رفع كفاءة تجميع و تدقيق و تحديث البيانات المكانية ذات البعد الجغرافي وإدارة هذه البيانات داخل قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية مع ضمان تطورها و استدامتها.

توجد عدة تقسيمات لأنواع تطبيقات المساحة سواء من حيث مجال الاستخدام أو من حيث الهدف من العمل المساحي أو من حيث الجهاز المساحي المستخدم ... الخ. إلا أن أقسام المساحة الأساسية هي:

(أ) المساحة الأرضية Terrestrial Survey:

تشمل المساحة الأرضية تطبيقات و قياسات علم المساحة علي سطح الأرض من خلال أجهزة موضوعة علي سطح الأرض ، وتنقسم طبقا لطبيعة هذه القياسات إلي نوعين أساسيين:

أ-١ المساحة الجيوديسية Geodetic Survey:

في هذا النوع من علوم المساحة يتم الاعتماد علي الشكل الحقيقي شبه الكروي للأرض - والذي هو شكل غير مستوي - ومن ثم تعتمد الأجهزة و طرق الحسابات المستخدمة في المساحة الجيوديسية علي هذا المبدأ الهام. غالبا يتم استخدام المساحة الجيوديسية في تمثيل مساحات كبيرة من سطح الأرض.

أ-٢ المساحة المستوية Plane Survey:

عند إجراء القياسات المساحية في منطقة صغيرة من سطح الأرض (عدة كيلومترات مربعة) يمكن إهمال الشكل الحقيقي للأرض والاكتفاء بافتراض أن هذا الجزء الصغير يمكن تمثيله كمستوي ، ومن هنا جاء أسم المساحة المستوية.

تنقسم المساحة المستوية إلي فرعين: (١) المساحة التفصيلية Cadastral Survey والتي تهتم بتوضيح حدود الملكيات العامة و الخاصة ويكون هذا التمثيل باستخدام بعدين فقط (الطول و العرض) لكل هدف ولذلك يسمي هذا النوع من أقسام المساحة بالمساحة ثنائية الأبعاد ، (٢) المساحة الطبوغرافية Topographic Survey والتي تهتم بقياس البعد الثالث (الارتفاع أو الانخفاض) لكل هدف بحيث يتم تمثيله من خلال ثلاثة أبعاد: الطول و العرض و الارتفاع. ولذلك تسمي المساحة الطبوغرافية باسم المساحة ثلاثية الأبعاد.

(ب) المساحة التصويرية أو الجوية Photogrammetry:
تتكون المساحة الجوية من عمل قياسات من الصور الملتقطة بكاميرات موضوعة في طائرات ثم استخدام هذه القياسات في إنتاج الخرائط المساحية. ويرجع تاريخ هذا النوع من المساحة إلي منتصف القرن العشرين الميلادي. ومع إطلاق الأقمار الصناعية ظهر علم الاستشعار عن بعد والذي يعتمد علي التصوير الفضائي من خلال كاميرات و أجهزة موضوعة داخل الأقمار الصناعية ، ومن هنا فيمكن إضافة علم الاستشعار عن بعد إلي قسم المساحة التصويرية. يمكن تقسيم المساحة التصويرية إلي ثلاثة أفرع: (١) المساحة الجوية Aerial Photogrammetry وهي حالة التصوير من الطائرات ، (٢) المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry وهي حالة التصوير من علي سطح الأرض ، (٣) المساحة التصويرية الفضائية أو الاستشعار عن بعد Satellite Photogrammetry وهي حالة التصوير من الأقمار الصناعية.

(ج) المساحة البحرية أو الهيدروجرافية Hydrographic Survey:
تهتم المساحة البحرية – كما هو واضح من أسمها – بتحديد مواقع الظاهرات الموجودة علي أو تحت سطح المياه في البحار والأنهار و المحيطات. ومن أمثلة منتجات المساحة البحرية الخرائط الهيدروجرافية التي تمثل تضاريس قاع البحر.
(د) المساحة الفلكية Astronomical Survey:

يعتمد هذا الفرع من أفرع المساحة علي رصد الأجرام السماوية واستخدام هذه القياسات في تحديد مواقع الظاهرات الجغرافية الموجودة علي سطح الأرض. وكانت المساحة الفلكية أحد أهم تطبيقات علم المساحة في إنشاء شبكات الثوابت الأرضية (نقاط معلومة الإحداثيات) قديما، إلا أن هذا التطبيق أصبح الآن يعتمد علي استخدام الأقمار الصناعية بدلا من النجوم الطبيعية. مازال الاعتماد علي المساحة الفلكية قسما هاما من أقسام علم المساحة وخاصة في التطبيقات المساحية التي تتطلب دقة عالية جدا - مثل دراسة تحركات القشرة الأرضية - إلا أن تقنياته وأجهزته قد تغيرت و تطورت كثيرا في الفترة الماضية، مثل تقنية VLBI (تقنية قياس خطوط القواعد الطويلة جدا باستقبال أشعة الأجرام السماوية).

٣-٢ قياس المسافات و الزوايا

٣-٢-١ وحدات القياس

٣-٢-١-١ وحدات قياس المسافات

يوجد نظامين مستخدمين في قياس المسافات و الأطوال وهما النظام الدولي والنظام الانجليزي.

في النظام الدولي (يسمي أيضا النظام الفرنسي) ويرمز له بالرمز SI يتم استخدام وحدات المتر و مشتقاته كالآتي:

١ متر (م)	= ١٠ ديسيمتر (دسم)
١ ديسيمتر (دسم)	= ١٠ سنتيمتر (سم)
١ سنتيمتر (سم)	= ١٠ ملليمتر (مم)
ا كيلومتر (كم)	= ١٠٠٠ متر (م)

أي أن:

١ متر (م)	= ١٠٠ سنتيمتر (سم)
١ متر (م)	= ١٠٠٠ ملليمتر (مم)
ا كيلومتر (كم)	= ١٠،٠٠٠ ديسيمتر (دسم)
ا كيلومتر (كم)	= ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر (سم)
ا كيلومتر (كم)	= ١،٠٠٠،٠٠٠ ملليمتر (مم)

أما في النظام الانجليزي فيتم استخدام وحدات القدم و مشتقاته كالآتي:

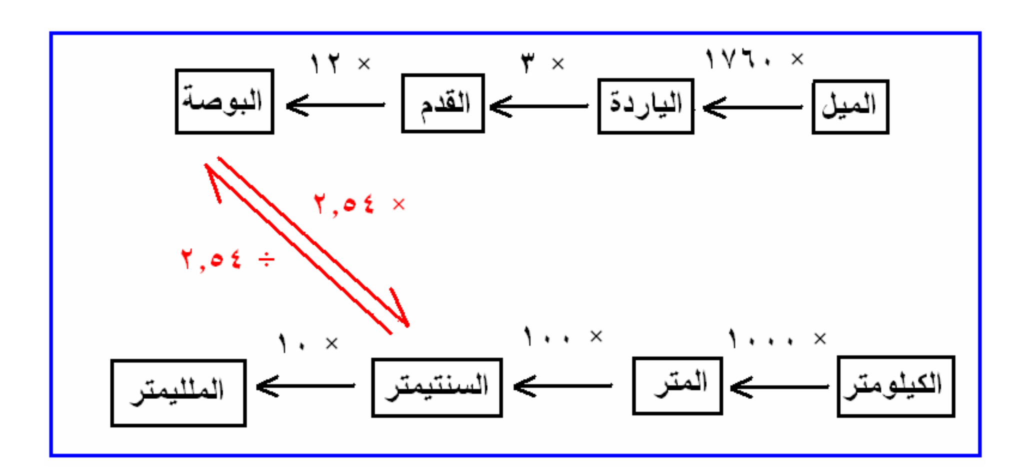
١ ميل	= ١٧٦٠ ياردة
١ ياردة	= ٣ قدم
١ قدم	= ١٢ بوصة

للتحويل بين كلا نظامي القياسات الطولية فتوجد عدة علاقات رياضية تشمل:

١ متر	= ٣.٢٨٠٨	قدم
١ متر	= ٣٩.٣٧	بوصة
١ متر	= ٣	ياردة
١ كيلومتر	= ٠.٦٢١٢٧	ميل

١ بوصة	= ٢.٥٤	سنتيمتر
١ قدم	= ٣٠.٤٨	سنتيمتر
١ ياردة	= ٠.٩١٤٤	متر
١ ميل	= ١٦٠٩.٣٥	متر
١ ميل	= ١.٦٠٩٣٤	كيلومتر

للسهولة يمكن الاكتفاء بمعرفة علاقة رياضية واحدة فقط للتحويل بين كلا النظامين كما في المثال التالي:



شكل (٣-١) التحويل بين نظم الوحدات الطولية

أحسب طول الطريق بين مكة المكرمة و الرياض بالميل إذا علمت أن طوله يبلغ ٨٨٠ كيلومتر؟

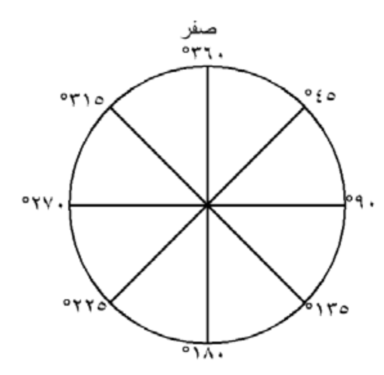
الطول = ٨٨٠ ×١٠٠٠ × ١٠٠ / (٢.٥٤ × ١٢ × ٣ × ١٧٦٠)
= ٥٤٦.٨٠٦ ميل

أحسب طول ملعب كرة قدم بالمتر إن كان طوله يساوي ١٠٠ ياردة؟

الطول = ١٠٠ × ٣ × ١٢ × ٢.٥٤ / (١٠٠)
= ٩١.٤٤ متر

٣-٢-١-٢ وحدات قياس الزوايا

في النظام الستيني تقسم الدائرة إلي ٣٦٠ قسما يسمي الجزء الواحد منها الدرجة الستينية ويرمز له بالرمز (^{o}) ، ثم تقسم الدرجة الستينية الواحدة إلي ٦٠ جزءا يسمي الواحد منهم الدقيقة الستينية ويرمز له بالرمز (') ، ثم تقسم الدقيقة الستينية الواحدة إلي ٦٠ جزءا يسمي الواحد منهم الثانية الستينية ويرمز له بالرمز (").



شكل (٣-٢) النظام الستيني لقياس الزوايا

<u>أي أن:</u>

١ درجة ستينية ° = ٦٠ دقيقة ستينية '
١ دقيقة ستينية ' = ٦٠ ثانية ستينية "
١ درجة ستينية ° = ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية ستينية "

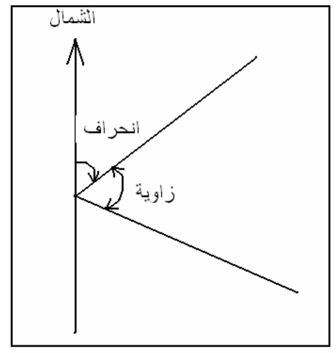
وتكتب الزاوية الستينية بالشكل التالي: ٤٥" ٥٢' ١٢٧° أي: ١٢٧ درجة و ٥٢ دقيقة و ٤٥ ثانية.

<u>مثال:</u>

الزاوية ٤٥" ٥٢' ١٢٧° = (٤٥" ÷ ٦٠) + ٥٢' ١٢٧° = ٥٢.٧٥' ١٢٧°
= (٥٢.٧٥' ÷ ٦٠)' + ١٢٧° = ١٢٧.٨٧٩١٦٧ °
= (٤٥" ÷ ٦٠) + (٥٢' ÷ ٦٠) + ١٢٧° = ١٢٧.٨٧٩١٦٧ °

٣-٢-٢ أنواع الانحرافات

يطلق مصطلح "الزاوية" علي الزاوية المقاسة بين خطين ، بينما يطلق مصطلح "الانحراف Bearing or Azimuth" علي الزاوية المقاسة بدءا من اتجاه الشمال إلي الخط المطلوب. فان كان الاتجاه المرجعي (لبدء القياس) هو الشمال المغناطيسي فنحصل علي الانحراف المغناطيسي ، بينما إن كان الاتجاه المرجعي (لبدء القياس) هو الشمال الجغرافي فنحصل علي الانحراف الجغرافي أو الحقيقي.

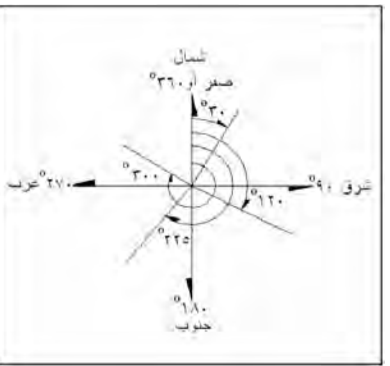


شكل (٣-٣) الزاوية و الانحراف

يوجد نوعين من أنواع الانحرافات المستخدمة في المساحة: الانحراف الدائري و الانحراف المختصر.

<u>الانحراف الدائري Azimuth:</u>

هو الزاوية المقاسة (١) بدءا من اتجاه الشمال (٢) وباتجاه دوران عقرب الساعة ، وتتراوح قيمته بين الصفر و ٣٦٠ درجة ستينية.

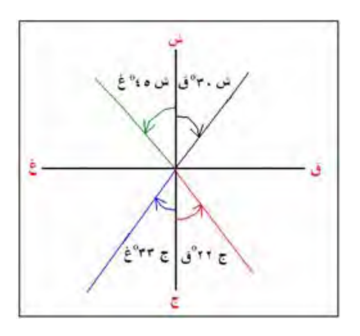


شكل (٣-٤) الانحراف الدائري

<u>الانحراف المختصر Bearing:</u>

هو الزاوية المقاسة (١) بدءا من اتجاه الشمال (٢) أو اتجاه الجنوب (٣) وباتجاه دوران عقرب الساعة (٤) أو ضد اتجاه دوران عقرب الساعة، وتتراوح قيمته بين الصفر و ٩٠ درجة ستينية فقط. ولذلك فلا بد من ذكر ربع الدائرة الواقع به الانحراف المختصر.





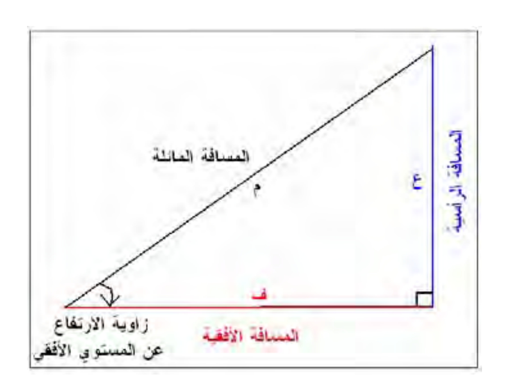
شكل (٣-٥) الانحراف المختصر

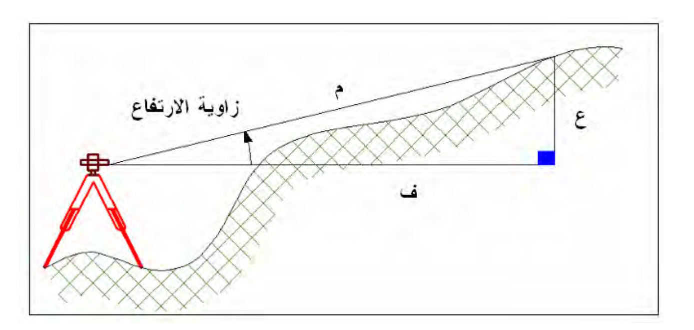
<u>٣-٢-٣ أنواع المسافات</u>

تنقسم المسافات إلي ثلاثة أنواع: الأفقية والمائلة و الرأسية.

عند قياس المسافة بين نقطتين يقعان علي مستوي أفقي واحد (لا يوجد فرق ارتفاع بينهما) فهذه المسافة تسمي المسافة الأفقية. بينما إذا كانت احدي النقطتين مرتفعة عن الأخرى فالمسافة المقاسة بينهما يطبق عليها اسم المسافة المائلة. أما الفرق في المستوي الرأسي بين هاتين النقطتين (فرق الارتفاع بينهما) فيسمي المسافة الرأسية.

يجمع مثلث قائم الزاوية بين المسافات الثلاثة مما يمكننا من حساب مسافة من مسافة أخري بعدة طرق:





شكل (٣-٦) أنواع المسافات

م^{٢} = ف^{٢} + ع^{٢}

<u>أي أن:</u>

ف = √ (م^{٢} - ع^{٢}) (٣-١)

وبذلك يمكن حساب المسافة الأفقية (التي يتم توقيعها علي الخرائط) بمعلومية قيمة المسافة المائلة (المقاسة في الطبيعة) والمسافة الرأسية (فرق الارتفاع بين النقطتين).

جتا cos (زاوية الارتفاع) = ف / م

<u>أي أن:</u>

ف = م × جتا (زاوية الارتفاع) (٣-٢)

وبذلك يمكن حساب المسافة الأفقية (التي يتم توقيعها علي الخرائط) بمعلومية قيمة المسافة المائلة (المقاسة في الطبيعة) وقيمة زاوية الارتفاع بين النقطتين.

٣-٢-٤ طرق وأجهزة قياس المسافات

قياس المسافات بالشريط Tape:

قبل ابتكار الشريط (بصورته الحالية) كان يتم استخدام ما يسمي بالجنزير chain لقياس المسافات والذي يتكون من عدد من حلقات الحديد التي تكون شريطا له طول معين معاير بدقة. تصنع الشرائط إما من (١) الصلب أو من (٢) مادة الكتان أو التيل ، بينما للقياسات الدقيقة يتم استخدام (٣) شريط الأنفار (٣٥% من مادة النيل و ٦٥% من الحديد) حيث أن لا يتأثر كثيرا بالحرارة إلا أنه أغلي سعرا من كلا النوعين السابقين. تأتي الشرائط في أطوال محددة هي ١٠، ٢٠ ، ٣٠ ، ٥٠ ، ١٠٠ متر.



شكل (٣-٧) أنواع الشريط

يتميز شريط التيل بسهولة حمله لأنه خفيف وعادة يتم استخدامه في الأعمال التي لا تتطلب دقة عالية لأنه يتأثر بالبلل ويتغير طوله نتيجة الشد. أما الشريط الصلب فهو أدق من النوع الأول نظرا لصلابته وقله تمدده أو انكماشه إلا أنه أثقل وزنا من الشريط الكتان كما أنه قابل للصدأ.

أدوات مساعدة مع الشريط:

عند قياس المسافات بالشريط (في حالة أن المسافة المطلوب قياسها أكبر من طول الشريط ذاته) فتوجد عدة أدوات مساعدة تشمل:

١- الشواخص Range Pole or Rod:

يتكون الشاخص من عمود خشبي (أو معدني أحيانا) يتراوح طوله بين ٢ و ٥ متر ، ويستخدم في توجيه الخط المطلوب قياسه حتى تكون جميع الأجزاء المقاسة بالشريط واقعه علي الخط المستقيم الواصل بين النقطتين المطلوب قياس المسافة بينهما.

٢- الأوتاد Pegs:

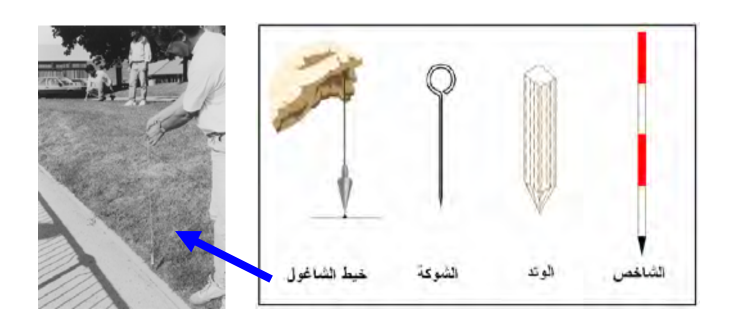
الوتد هو قطعة مضلعة أو مستديرة يتراوح طولها بين ٢٠ و ٣٠ سنتيمتر ويكون طرفها السفلي مدببا ليسهل غرزه في الأرض، وتستخدم لتحديد مكان علامات بداية و نهاية الخط المقاس. الأوتاد أما خشبية تستخدم في الأراضي الزراعية أو حديدية تستخدم في الأراضي الصلبة.

٣- الشوك Pins or Arrows:

وهي عبارة عن أسياخ من الصلب بطول يتراوح بين ٣٠ و ٤٠ سنتيمتر تستخدم لتحديد بداية ونهاية الشريط.

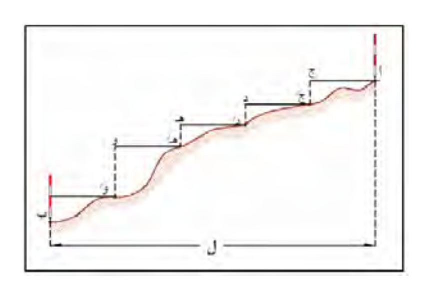
٤- خيط الشاغول Plumb Bob:

وهو خيط ينتهي بقطعة معدنية مخروطة الشكل ذات رأس مدبب ، يستخدم لتحديد مسقط بداية الشريط عندما يكون في وضعه الأفقي أعلي من سطح الأرض.



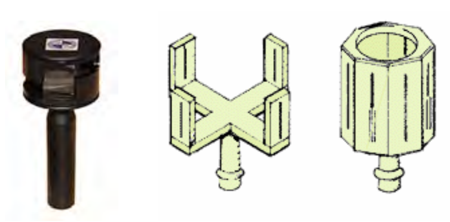
شكل (٣-٨) أدوات مساعدة مع الشريط

إذا كان قياس المسافة المطلوبة سيتم علي أرض غير منتظمة الميل فيتم تجزئتها إلي عدة أقسام بحيث يكون الشريط في وضع أفقي في كل جزء ، وذلك باستخدام خبط الشاغول:



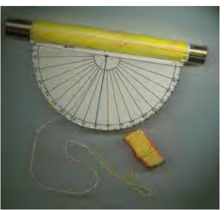
شكل (٣-٩) قياس المسافات علي أرض مائلة

يستخدم الشريط أيضا في إقامة عمود (خط يتعامد علي خط موجود في الطبيعة) وذلك بالاستعانة بجهاز آخر يسمي المثلث المساح Cross Staff أو بجهاز المثلث ذو المرآة.



شكل (٣-١٠) المثلث المساح

عند قياس مسافة مباشرة كبيرة باستخدام الشريط يتم الاستعانة بجهاز الكلينومتر Clinometer لقياس زاوية الارتفاع حتى يمكن – لاحقا – حساب المسافة الأفقية المناظرة للمسافة المائلة المقاسة:




شكل (٣-١١) الكلينومتر

تجدر الإشارة أنه في التطبيقات غير المساحية يمكن استخدام عجلة القياس لقياس المسافات بدقة تصل إلي عشرة سنتيمترات. تتكون عجلة القياس من عجلة متصلة بعداد رقمي يستطيع تحويل عدد لفات العجلة أثناء الحركة إلي قيمة المسافة المقطوعة وذلك بضرب عدد اللفات في قيمة محيط العجلة.



شكل (٣-١٢) عجلة قياس المسافات

<u>قياس المسافات الكترونيا:</u>

يعتمد مبدأ قياس المسافات الكترونيا علي المعادلة الرياضية التي تجمع كلا من المسافة و السرعة و الزمن:

المسافة = السرعة × الزمن (٣-٣)

فإذا تمكننا من قياس سرعة شعاع أو موجة (كهرومغناطيسية electro-magnetic أو كهروبصرية electro-optical) أثناء انتقاله بين نقطتين وقمنا بقياس الزمن الذي استغرقته هذه الموجة للسفر بين كلا النقطتين فيمكننا حساب المسافة بينهما. بدأ تطبيق هذا المبدأ في مجال المساحة وذلك عن طريق إطلاق موجة من جهاز (عند النقطة الأولي من الخط المطلوب قياسه) إلي النهاية الثانية للخط حيث يوجد جهاز عاكس يقوم بعكس هذه الموجه في نفس مسارها ، ويقوم الجهاز المرسل بقياس الفترة الزمنية التي استغرقتها هذه الموجة منذ إطلاقها:

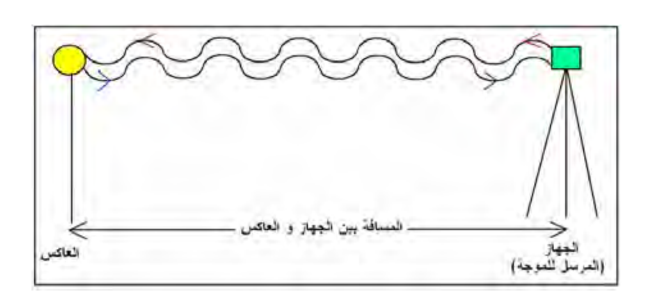
الفترة الزمنية = وقت الاستقبال – وقت الإرسال (٣-٤)

لكن هذه الفترة الزمنية المقاسة هي الزمن الذي استغرقته الموجه (١) منذ صدورها من الجهاز المرسل حتى وصولها للعاكس ثم (٢) عودتها مرة أخري للجهاز المرسل ، أي أنها ضعف الفترة الزمنية بين المرسل و العاكس. لذلك فأن المسافة المحسوبة ستعادل ضعف المسافة بين جهازي المرسل و العاكس:

ضعف المسافة بين المرسل و العاكس = الفترة الزمنية × سرعة الموجة   (٣-٥)

المسافة بين المرسل و العاكس = (الفترة الزمنية × سرعة الموجة) ÷ ٢   (٣-٦)

من المعلوم أن أي موجه تسير في الفضاء تكون سرعتها هي سرعة الضوء التي تعادل تقريبا ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية (أو بالضبط ٢٩٩٧٩٢.٤٥٨ كيلومتر في الثانية) ، أي أن قياس الفترة الزمنية للموجه هو كل ما يلزم لحساب المسافة بين كلا من جهاز الإرسال والعاكس. ومن هنا جاءت فكرة ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونيا Electronic Distance Measurement والتي اختصرت إلي الأحرف الثلاثة EDM.



شكل (٣-١٣) مبدأ قياس المسافات الكترونيا

تتأثر سرعة الموجة أثناء مرورها في الغلاف الجوي للأرض تبعا لعوامل انكسار الضوء الناتجة عن اختلاف درجة الحرارة و الضغط الجوي والرطوبة النسبية ، وبالتالي فلن تكون هذه السرعة هي نفس سرعة الضوء في الفراغ. لذلك تعتبر دقة قياس سرعة الضوء هي أهم عوامل قياس المسافات الكترونيا. تتراوح قيمة معامل انكسار الضوء في الغلاف الجوي بين ١.٠٠٠١ و ١.٠٠٠٥ تبعا لتأثير العوامل الجوية ، ولذلك يجب قياس تلك التأثيرات أثناء عملية القياس للحصول علي دقة عالية ، لكن يمكن استخدام قيمة متوسطة لمعامل الانكسار تبلغ ١.٠٠٠٣ للحصول علي دقة مناسبة للأعمال المساحية.

تتعدد أنواع الأشعة المستخدمة في قياس المسافات الكترونيا وتشمل (١) موجات الراديو وتستخدم في قياس المسافات الطويلة حتى ٥٠-٦٠ كيلومتر ، (٢) الموجات تحت الحمراء وهي الأكثر استخداما الآن في أجهزة المحطات الشاملة Total Station وتستخدم لقياس المسافات ١٠-٣٠ كيلومتر ، (٣) الموجات الضوئية المرئية والتي تستخدم لقياس المسافات الأقل من ١٠ كيلومتر ، (٤) الليزر المرئي للمسافات متناهية الصغر والتي تبلغ عشرات الأمتار.

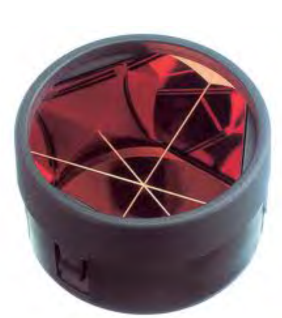
بدأ إنتاج أجهزة قياس المسافات الكترونيا EDM منذ بداية الخمسينات من القرن العشرين الميلادي وكانت أجهزة منفصلة يتم تركيبها فوق أجهزة قياس الزوايا (الثيودليت) بحيث يتم قياس الزاوية و المسافة في نفس الوقت.




شكل (٣-١٤) أجهزة قياس المسافات الكترونيا

معظم أجهزة المساحة لقياس المسافات الكترونيا تعتمد علي وجود عاكس Reflector أو منشور عاكس Prism يقوم بعكس الموجة إلي جهاز الاستقبال مرة أخري. يتكون العاكس من منشور من الزجاج النقي مطلي بمادة الفلوريسنت - لزيادة قوة انعكاس الأشعة - يوضع غاليا داخل إطار بلاستيكي ملون لسهولة رؤيته من مسافات كبيرة. وقد يوضع العاكس علي حامل ثلاثي لضمان وقوعه رأسيا أعلي النقطة المحتلة بالضبط (للقياسات المساحية الدقيقة) أو يوضع أعلي عصا pole يمسكها الراصد بيده.



شكل (٣-١٥) عواكس أجهزة قياس المسافات الكترونيا

أيضا توجد أهداف عاكسة Reflective Sheet يمكن استخدامها بديلا عن العاكس وهي عبارة عن ألواح رقيقة يتم طلاؤها بمادة الفلوريسنت العاكسة للأشعة. تستخدم الأهداف العاكسة في الطبيعة للمواقع التي لا يمكن تثبيت العاكس عندها مثل الحوائط و الأعمدة الخرسانية.

كما توجد أجهزة مساحية يمكنها قياس المسافات الكترونيا بدون عاكس Reflector-Less (للمسافات القصيرة وحتي مئات الأمتار) وذلك باستخدام موجات تتميز بخاصية الانعكاس عند اصطدامها بأي هدف. وبذلك فأن هذه النوعية من الأجهزة المساحية تمكننا من قياس المسافات دون الحاجة لاحتلال نقطة نهاية الخط ، أي يمكنها قياس المسافة إلي أعلي قمة برج أو إلي خط تيار كهربائي .... الخ.

تم إنتاج بعض أجهزة قياس المسافات الكترونيا (باستخدام موجات الليزر المرئي) مخصصة للأعمال الهندسية البسيطة (غير المساحية) حيث أصبحت هذه الأجهزة محمولة يدويا hand-held ليتم استخدامها بصورة سريعة و بسيطة (داخل المنشئات و المباني مثلا) لقياس المسافات الصغيرة وبدقة سنتيمترات.




شكل (٣-١٦) أجهزة محمولة لقياس المسافات الكترونيا

٣-٢-٥ طرق و أجهزة قياس الانحرافات

تاريخيا تطورت أعمال الرفع المساحي لتشمل – بالإضافة لقياسات الشريط - قياس الانحرافات المغناطيسية للمعالم مع اختراع أجهزة البوصلة المغناطيسية. ربما يعود ذكر البوصلة كأول مرة إلي الصين في عام ١١٠٠ م تقريبا ، إلا أن علماء المسلمين قد أسهموا في تطوير هذا الجهاز واستخدامه في الملاحة البحرية وخاصة العالم العربي الكبير ابن ماجد في عام ١٤٥٠م تقريبا. مع أن البوصلة أصبحت غير مستخدمة الآن في القياسات المساحية الدقيقة إلا أنها ربما تستخدم في أعمال الاستكشاف المبدئي للمنطقة المراد رفعها.

البوصلة المغناطيسية:

تتكون البوصلة من إبرة مغناطيسية تترك حرة الحركة داخل علبة بها قرص مدرج من صفر اتلي ٣٦٠ درجة ستينية. تستخدم البوصلة لقياس الانحرافات المغناطيسية (هي الجهاز المساحي الوحيد لقياس الانحرافات المغناطيسية) بدقة ١ درجة ستينية أو أقل ، ولذلك فأنها لا تستخدم في الأعمال المساحية الدقيقة.

يوجد نوعين رئيسين من البوصلة المغناطيسية هما بوصلة المساحٍ Surveyor's Compass و البوصلة المنشورية Prismatic Compass وهي النوع الأحدث المنتشر حاليا.






شكل (٣-١٧) البوصلة المغناطيسية

تتميز البوصلة بعدة مميزات منها أنها خفيفة الوزن و بسيطة وسهل العمل بها ، كما أن الانحراف المقاس لأي خط مستقل عن انحراف أي خط آخر وبذلك لا تتراكم أخطاء القياس. تتركز أهم عيوب البوصلة المغناطيسية في دقتها القليلة حيث تقيس الانحرافات بدقة ١٠ دقائق ستينية في أحسن الأحوال ، كما أنهها تتأثر بالجاذبية المحلية في منطقة الرصد بالإضافة إلي أنها تعتمد علي التوجيه البصري مما لا يجعلها مناسبة للمسافات البعيدة.

<u>٣-٢-٦ طرق و أجهزة قياس الزوايا</u>

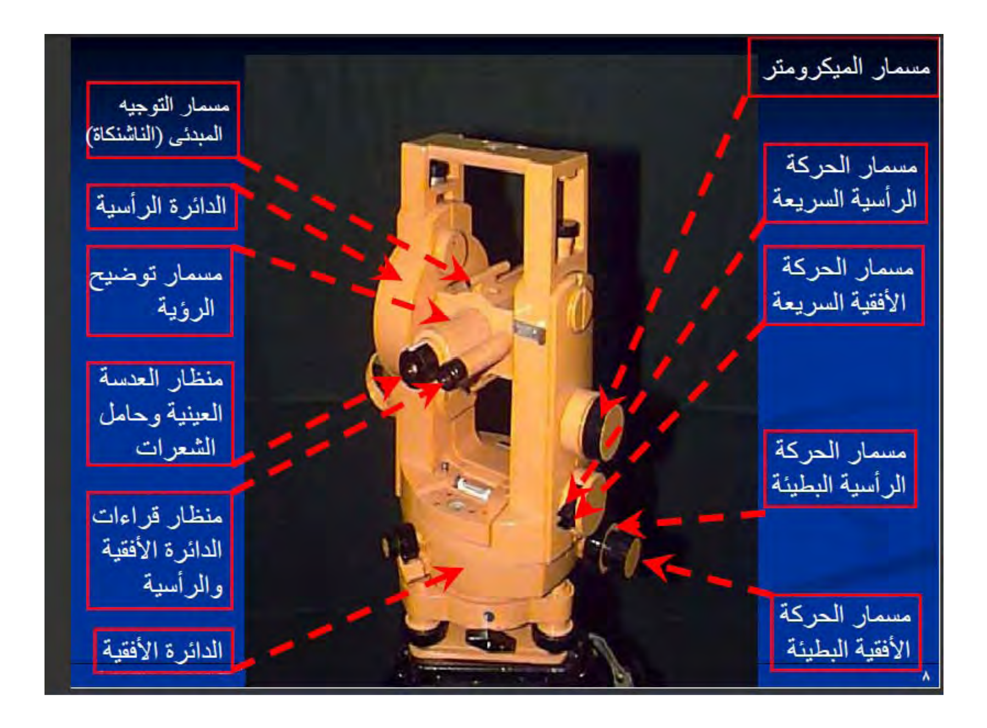
تعد قياسات الزوايا من أهم أنواع القياسات المساحية والتي عرفها الإنسان منذ آلاف السنين. يمكن اعتبار جهاز الجروما Groma هو أول جهاز بدائي أبتكره قدماء المصريين في عام ١٥٠٠ قبل الميلاد تقريبا لإنشاء الزوايا القائمة في الطبيعة. وربما أستمر العمل بهذا الجهاز لعدة قرون قبل أن يتم ابتكار جهاز الديوبترا Dioptra من قبل الرومان في عام ١٥٠ ميلادي تقريبا. أما أول جهاز ملاحي حقيقي فقد كان الاسطرلاب الذي أخترعه علماء المسلمين في حوالي القرن الثامن الميلادي. أما أسم الثيودليت Thedolite فقد ظهر لأول مرة في عام ١٥٧١م في كتاب للعالم ليونارد ديجيس Leonard Digges ، ويتكون الجهاز من تدريج دائري أفقي مركب علي عمود رأسي حيث كانت تقاس الزوايا من خلال زوج من النظرات (أو الشعرات) مركبين علي مسطرة دوارة. وفي عام ١٦٣١م أخترع العالم بيير فيرنر Pierre Vernier أول جهاز ورنية Vernier (أطلق عليها أسمه) وهي تدريج إضافي يركب علي التدريج الأصلي لزاوية الثيودليت بحيث يمكن قياس الزوايا بأجزاء من الدرجة. إلا أن أهم أنواع أجهزة الثيودليت المساحي الدقيق بدأ في الظهور تقريبا في العشرينات من القرن العشرين الميلادي علي يد السويسري هينريك فيلد Heinrich Wild وهو الاسم الشهير في عالم تصنيع الثيودليت المسمي بأسمه Wild الذي ظل لعقود طويلة أشهر و أدق أنواع الأجهزة المساحية لقياس الزوايا (مثل جهاز ثيودليت Wild T2 الشهير).

يمكن تقسيم أجهزة الثيودليت المساحية إلي مجموعتين: الأجهزة البصرية و الأجهزة الرقمية. كما توجد أنواع خاصة من أجهزة الثيودليت مثل جهاز الجيرو-ثيودليت Gyro-Theodolite المستخدم للقياسات تحت سطح الأرض (في المناجم و الأنفاق).

<u>الثيودليت البصري:</u>

يتكون الثيودليت البصري (التقليدي) من عدد من الأجزاء الأساسية تشمل:

- التربراخ: القاعدة التي تجمع فوقها كل أجزاء الجهاز والتي بها ثلاثة مفاتيح لضبط أفقية ميزان التسوية (فقاعة الماء) المثبت عليها ، بالإضافة لمنظار تسامت ضوئي لضمان وقوع محور الجهاز أعلي النقطة الأرضية.
- الجزء السفلي: يحتوي الدائرة الأفقية لقياس الزوايا الأفقية ولها مفتاحين للحركة أحدهما للحركة الأفقية السريعة والآخر للحركة الأفقية البطيئة.
- الجزء العلوي أو الأليداد: يحتوي الدائرة الرأسية لقياس الزوايا الرأسية بالإضافة لميزان تسوية (فقاعة) رأسي.
- المنظار (التلسكوب) المجهز أيضا بمفتاحين للحركة الرأسية (السريعة و البطيئة) بالإضافة لعدستين عينية (القريبة من عين الراصد) و شيئية (الموجهة للهدف) ومعهما مفتاح لتوضيح الرؤية لكل عدسة.



شكل (٣-١٨) أجزاء الثيودليت

<u>الثيودليت الرقمي:</u>

الثيودليت الرقمي أو الالكتروني هو ثيودليت عادي تم إضافة شاشة الكترونية له لتظهر عليها الزوايا المرصودة بدلا من قرائنها يدويا في الثيودليت العادي. يحتاج الثيودليت الرقمي لبطارية لتشغيله وبعض أنواعه تحتوي علي كارت ذاكرة لتخزين القياسات ثم نقلها مباشرة للحاسب الآلي.

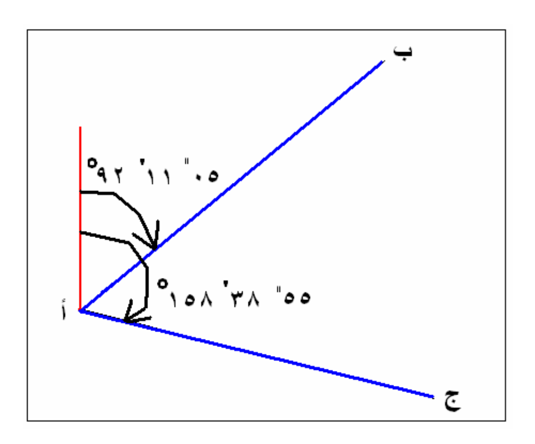


شكل (٣-١٩) الثيودليت الرقمي

يتميز الثيودليت الرقمي بسهولة تشغيله وسرعته في انجاز العمل المساحي إلا أنه أغلي سعرا من الثيودليت العادي.

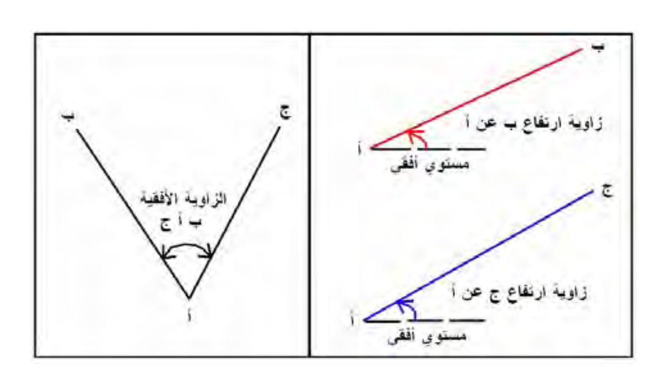
توجد عدة طرق لرصد الزوايا الأفقية بالثيودليت مثل طريقة التكرار و طريقة الزوايا الفردية و طريقة الاتجاهات. تعد طريقة الزوايا الفردية أسهل و أسرع طرق الرصد بالثيودليت وهي تعتمد علي قياس كل زاوية منفردة من خلال الوضعين المتيامن و المتياسر للثيودليت. يتم حساب متوسط كلا الوضعين (للدقائق والثواني فقط) لحساب قيمة الاتجاه لكل نقطة مرصودة، ثم نحسب قيمة الزاوية عن طريق طرح متوسط الاتجاهين. الجدول التالي يمثل أرصاد قياس الزاوية أ ب ج:

النقطة المرصودة	الوضع المتيامن	الوضع المتياسر	المتوسط	الزاوية
ب	٠٠" ١١' ٩٢°	١٠" ١١' ٢٧٢°	٠٥" ١١' ٠.٩٢°	٥٠" ٢٧' ٦٦.٠°
ج	٥٠" ٣٨' ١٥٨°	٠٠" ٣٩' ٣٣٨°	٥٥" ٣٨' ١٥٨°	



شكل (٣-٢٠) مثال لزاوية مرصودة بالثيودليت

يجب ملاحظة أن كل نقطة مرصودة سيكون لها زاوية رأسية بينما توجد زاوية أفقية واحدة بين كل نقطتين:



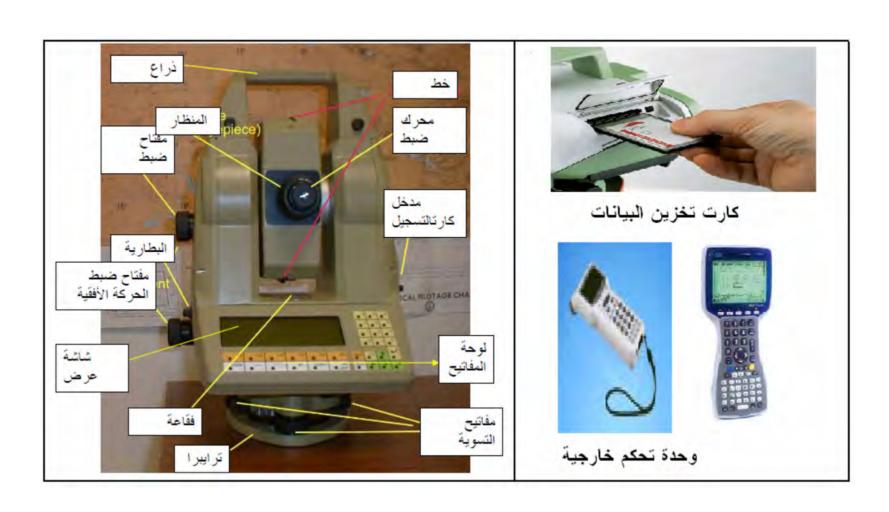
شكل (٣-٢١) زوايا الثيودليت الأفقية والرأسية

جهاز المحطة الشاملة

يعد جهاز المحطة الشاملة أو المحطة المتكاملة Total Station أكثر الأجهزة المساحية استخداما و تكاملا ودقة في الوقت الراهن. يدل اسم الجهاز علي أنه يشمل داخله عدد من الأجهزة و الإمكانيات في إطار متكامل كجهاز واحد.

يتكون جهاز المحطة الشاملة من مجموعة من الأجهزة (تم جمعها في إطار واحد) تشمل:

١. جهاز ثيودليت رقمي.
٢. جهاز قياس المسافات الكترونيا EDM.
٣. ذاكرة الكترونية لتسجيل القياسات.
٤. وحدة كمبيوتر micro-processor لتشغيل البرامج الحسابية.
٥. أجهزة ملحقة مثل البطارية ومجموعة العواكس والحامل الثلاثي وكابل التوصيل بالكمبيوتر.



شكل (٣-٢٢) مثال لجهاز المحطة الشاملة

تتميز أجهزة المحطات الشاملة بالعديد من المميزات و المواصفات مثل:

١. الدقة في قياس الزوايا الأفقية والرأسية (قد تصل إلي ثانية واحدة).
٢. الدقة في قياس المسافات (عدة ملليمترات).
٣. الرصد لمسافات كبيرة (تتعدي كيلومترات).
٤. منظار له قوة تكبير عالية لإمكانية رصد المعالم البعيدة.
٥. تسمح وحدة الكمبيوتر بأداء الحسابات في الموقع والحصول علي الإحداثيات آنيا.
٦. إمكانية قياس المسافات بدون عاكس (بالليزر) لعدة مئات من الأمتار.
٧. سرعة في قياس المسافات الكترونيا (ثانية واحدة أو أقل).
٨. التحقق من أخطاء ضبط أفقية الجهاز وتعديلها (في حالة وجود موازن Compensator بالجهاز) أو تصحيح القياسات حسابيا.
٩. البطارية تمد الجهاز بالطاقة اللازمة لعدة ساعات.
١٠. نظام تشغيل مثل النوافذ windows لسهولة العمل (بعض الأجهزة تدعم اللغة العربية).

١١.ذاكرة تخزين كبيرة لتخزين القياسات بالجهاز (ذاكرة داخلية أو كارت تخزين).
١٢. بعض الأجهزة تسمح بتوصيل وحدة تحكم خارجية control unit أو وحدة تجميع البيانات Data Collector لسهولة العمل.
١٣.سهولة نقل البيانات للكمبيوتر (من خلال كابل أو وحدة بلوتوث).
١٤.القدرة علي تحمل ظروف الطقس المختلفة في الموقع (حتى حرارة تصل ٥٠ درجة مئوية).
١٥.بعض الأجهزة بها كاميرا رقمية داخلية لتصوير مواقع الرصد كنوع من أنواع توثيق بيانات المشروع.
١٦.صغر الحجم و خفة الوزن مما يسهل التنقل بها بين المواقع المختلفة.

أنواع متقدمة من المحطة الشاملة:

تقدمت تقنيات إنتاج المحطات الشاملة في السنوات الأخيرة لتظهر أنواع متقدمة من الأجهزة تناسب تطبيقات الرفع المساحي في مجالات متعددة من المشروعات الهندسية. ومن هذه الأجيال الحديثة من المحطة الشاملة ما يلي:

المحطة الشاملة المتحركة:
تقليديا كان الراصد هو الذي يقف بجوار جهاز المساحة ويقوم بالرصد وتسجيل القراءات بينما المساعد هو الذي يحمل الشاخص (أو العاكس) ويتحرك من نقطة لأخرى. مع ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونيا EDM زادت المسافة بين الراصد و مساعده (المسافة بين الجهاز و العاكس) حتى وصلت إلي عدة كيلومترات مما جعل التواصل بينهما يتطلب وجود أجهزة راديو لاسلكي مع كلا منهما. هذا المبدأ هو أساس تطوير المحطات الشاملة المتحركة Motorized or Robotic Total Station وهي جهاز محطة شاملة مركب علي قاعدة متحركة بموتور داخلي بحيث أن الجهاز يستطيع الدوران حول نفسه أفقيا ٣٦٠ درجة كاملة (مع ضمان بقائه في الوضع الأفقي الدقيق من خلال الموازن الداخلي به compensator). تتم حركة الجهاز من خلال وحدة تحكم control unit متصلة لاسلكيا بالمحطة الشاملة ذاتها. هذه الوحدة تكون مع الراصد ومن خلالها يمكنه التحكم في المحطة الشاملة ذاتها حتى إن كان يبعد عنه كيلومترات. تعتمد هذه التقنية علي مبدأ "التعرف الآلي علي الهدف" Automatic Target Recognition أو اختصارا ATR ، وهو إمكانية أن يتعرف جهاز المحطة الشاملة أثناء دورانه علي الهدف (العاكس) ويحدد موقعه. بالتالي أصبح الراصد هو من يحمل العاكس ويتحكم في الجهاز ويقوم بعملية الرصد و تسجيل القياسات آليا. بهذا أصبح العمل الحقلي أسرع في التنفيذ مما يقلل من تكلفة أعمال الرفع المساحي الميداني. يمكن تمييز جهاز المحطة الشاملة المتحركة من خلال راديو الاستقبال اللاسلكي المثبت أعلاه.



شكل (٣-٢٣) مثال لجهاز المحطة الشاملة المتحركة

المحطة الشاملة بالمسح الليزري:

يتطلب الرفع المساحي الطبوغرافي تحديد إحداثيات النقاط (س ، ص ، ع) بسرعة ودقة للعديد من المشروعات الهندسية ، وربما يتجاوز عدد النقاط المطلوب رصدها المئات في مشروع واحد. فعلي سبيل المثال إن كان هناك مشروع هندسي لقطع جزء من جبل صخري وعلي مهندس المساحة أن يتابع العمل لتحديد كمية الأحجار المقطوعة. في هذا المثال سيقوم الراصد بتحديد إحداثيات مئات من النقاط (علي هذا الجبل) لرسم خريطة كنتورية أو سطح مجسم له قبل بدء أعمال الحفر ، ثم سيقوم بإعادة هذا الرفع الطبوغرافي مرة أخري كل فترة زمنية لحساب حجم جزء الجبل الذي تم حفره. باستخدام المحطة الشاملة العادية فأن هذا الرفع المساحي سيستغرق وقتا طويلا في كل مرة. تم ابتكار جهاز المحطة الشاملة بالمسح الليزري Laser Scanner Total Station بحيث أن جهاز الليزر (الذي يقيس المسافة أوتوماتكيا ومن ثم يحسب إحداثيات نقطة الرصد) يستطيع الحركة أفقيا و رأسيا بصورة آلية. أي أن الراصد يبدأ بتحديد مجال الرؤية الذي يريد رفع معالمه مساحيا (الأركان الأربعة) كما يحدد المسافة المطلوبة للقياس بين كل نقطتين متتاليتين. يبدأ الجهاز في الرفع المساحي بالليزر آليا وبصورة مستمرة حتى يكتمل رفع جميع المعالم في مجال الرؤية المحدد ، ويتم تخزين هذه القياسات آليا في ذاكرة الجهاز. هذا النوع من المحطات الشاملة يعتمد علي مبدأ أن الموجة المرسلة من الجهاز ستنعكس عند اصطدامها بأي هدف (أي لا يستخدم عاكس مع الجهاز) مما يجعله مناسبا للرفع المساحي للمعالم التي لا يمكن الوصول إليها. وبهذا فأن ناتج المسح الليزري سيكون مجسم ثلاثي الأبعاد للمعالم المرفوعة. من أمثلة استخدامات المحطة الشاملة بالمسح الليزري: مشروعات الهندسية المدنية التي تحتاج تقدير كميات الحفر و الردم ، توثيق المواقع الأثرية في حالة نقلها من مكان لآخر حتى يمكن إعادة تركيبها بنفس أبعادها و مواقعها النسبية.



شكل (٣-٢٤) مثال لجهاز المحطة الشاملة بالمسح الليزري

المحطة الشاملة التصويرية:

تتكون نظم المحطة الشاملة التصويرية Photogrammetric Total Station Systems: PTTS من الدمج بين المحطة الشاملة و الكاميرا الرقمية لإنتاج جهاز يعتمد علي التكامل بين تقنيتي المسح الأرضي و المساحة التصويرية الأرضية. تعد تقنية المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry من التقنيات المساحية التي تمكن من تحديد المواقع (الإحداثيات) من خلال صورة فوتوغرافية عالية الدقة سواء كانت صورة تقليدية (مطبوعة) أو صورة رقمية. كانت فكرة وضع كاميرا علي جهاز ثيودليت موجودة منذ السبعينات من القرن العشرين وكانت هناك أجهزة تسمي الثيودليت التصويري Photo-Thedolite مثل أجهزة Wild P30 and Ziess 19/1318. إلا أن هذه

الأجهزة توقف إنتاجها بعد ذلك ، وفي بداية التسعينات عادت الفكرة للظهور مرة أخري لكن تم استخدام المحطة الشاملة بديلا عن الثيودليت وتم دمجها مع كاميرا رقمية عالية الدقة في جهاز واحد. تستخدم المحطة الشاملة التصويرية في تطبيقات عديدة مثل تقدير كميات الحفر و الردم في المشروعات الهندسية وكذلك أعمال الرفع الطبوغرافي و إنشاء الخرائط الكنتورية للمناطق الشاسعة ، حيث تتميز بتخفيض مدة و تكلفة العمل الحقلي.



شكل (٣-٢٥) المحطة الشاملة بالمسح التصويرية

٣-٣ الميزانية وقياس الارتفاعات

تستخدم تطبيقات المساحة مثل الشريط و الثيودليت في تحديد مواقع (إحداثيات) المعالم الجغرافية في مستوي ، أي من خلال تحديد بعدين (س ، ص) لكل نقطة. إلا أن الأرض ليست مستوي إنما هي مجسم شبه كروي وسطحه ليس مستويا بل تتخلله الجبال و الوديان و المنخفضات ، ولتمثيل أي معلم علي الأرض يلزمنا ثلاثة أبعاد وليس أثنين فقط. هذا البعد الثالث (البعد الرأسي) هو الهدف الذي تسعي الميزانية لقياسه. الميزانية هي فرع المساحة الذي يبحث في الطرق المختلفة لقياس البعد الثالث (الارتفاعات) للمعالم الجغرافية علي سطح الأرض.

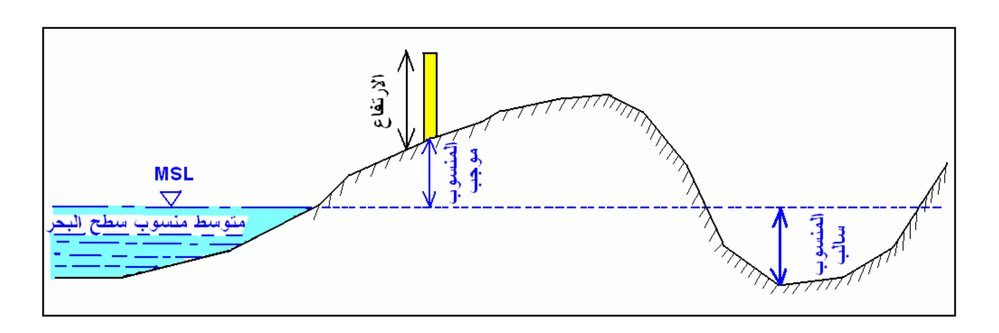
الميزانية (أو التسوية) من أهم تطبيقات علم المساحة في كافة المشروعات المدنية و العسكرية علي الأرض، فهي أساس العمل المساحي في تنفيذ مشروعات البناء و الجسور و الكباري و الطرق و السكك الحديدية والترع و المصارف والسدود وتسوية الأراضي ... الخ.

المنسوب والارتفاع

لتحديد البعد الرأسي (ارتفاع أو الانخفاض) لمجموعة من النقاط يلزم سطح مرجعي أو مستوي مقارنه تنسب إليه جميع القياسات ، أي سطح عين يكون الارتفاع عنده مساويا للصفر. يتكون كوكب الأرض من مياه (بحار و محيطات) تغطي ٧٥% من إجمالي سطح الكوكب بينما تمثل اليابسة (القارات) الجزء المتبقي. لذلك أتخذ علماء المساحة منذ مئات السنين مستوي سطح البحر (وامتداده الوهمي تحت اليابسة) كسطح مرجعي لقياس الارتفاعات. بما أن مياه البحار و المحيطات تتأثر علي سطحها بالتيارات البحرية اليومية و تأثيرات المد و الجزر فأن مستوي المقارنة هو متوسط منسوب سطح البحر Mean Sea Level أو اختصارا MSL. فإذا تم قياس البعد الرأسي لأي معلم بدءا من أي مرجع فنطلق علي هذا القياس أسم "الارتفاع

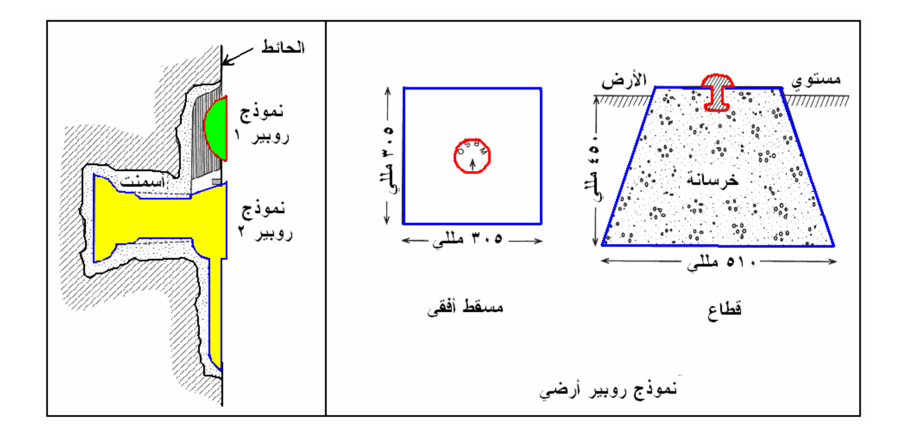
Height" بينما إذا تم القياس بدءا من متوسط منسوب سطح البحر MSL فنطلق علي هذا البعد أسم "المنسوب Level". أي أن المنسوب هو ارتفاع من نوع خاص تم قياسه أو تحديده بدءا من متوسط منسوب سطح البحر. يكون المنسوب موجبا إن كان أعلي من منسوب متوسط سطح البحر ، ويكون سالبا إن كان أقل منه.

قامت كل دولة بتحديد متوسط منسوب سطح البحر MSL في نقطة محددة ومن ثم تم اعتبار تلك النقطة هي أساس كل القياسات الرأسية (المناسيب) في هذه الدولة. مثلا في مصر فأن محطة تحديد متوسط منسوب سطح البحر كانت في ميناء الإسكندرية (علي ساحل البحر الأبيض المتوسط) في عام ١٩٠٧م ولذلك نجد في أسفل كل خريطة مصرية جملة "المناسيب مقاسة نسبة إلي متوسط منسوب سطح البحر عند الإسكندرية في عام ١٩٠٧م". أما في المملكة العربية السعودية فالنقطة الأساسية كانت في مدينة جدة (علي ساحل البحر الأحمر) في عام ١٩٦٩م. كانت هذه العملية تتم من خلال قياس و تسجيل ارتفاع مياه سطح البحر داخل بئر - قريب من ساحل البحر وتدخله مياه البحر عن طريق أنبوبة – كل ساعة علي مدار اليوم ولمدة زمنية طويلة تتجاوز عدة سنوات حتى يمكن حساب متوسط هذه القياسات وبالتالي تحديد النقطة (داخل هذا البئر) التي يكون عندها متوسط منسوب سطح البحر مساويا للصفر. في مصر تمت هذه القياسات للفترة ١٨٩٨م - ١٩٠٧م حتى تم تحديد MSL لمصر.



شكل (٣-٢٦) الارتفاع و المنسوب

بعد تحديد متوسط منسوب سطح البحر للدولة يتم بناء نقطة ثوابت (علامة أرضية) بالقرب من هذا البئر ويتم قياس ارتفاع هذه النقطة عن متوسط منسوب سطح البحر (أي يتم تحديد منسوب هذه النقطة). أطلق أسم Bench Mark أو اختصارا "BM" أو "الروبير" علي هذه النقطة وعلي كل نقطة معلومة المنسوب. وبطريقة معينة (الميزانية التي سنتحدث عنها لاحقا) تم بناء مجموعة من علامات BM الروبيرات بحيث تغطي كافة الأنحاء المعمورة من الدولة، وهذا ما يطلق عليه أسم شبكة الثوابت الرأسية أو شبكات الميزانية أو الشبكات المساحية الرأسية. وبالتالي فتكون فأن من مهام الجهة الحكومية المسئولة عن المساحة في الدولة (هيئة المساحة في مصر أو إدارة المساحة العسكرية في السعودية) توفير نقاط روبيرات داخل كل مدينة في هذه الدولة بحيث يمكن لأي مشروع هندسي أن يبدأ من نقطة BM معلومة المنسوب بالقرب من موقع المشروع. تكون الروبيرات أما مثبتة في حائط أي مبني (غالبا مبني حكومي) وتسمي روبيرات الحائط أو مثبتة في الأرض وتسمي روبيرات أرضية. ويتم الحصول علي معلومات أي روبير (موقعه بالتحديد وقيمة منسوبة) من الجهة المسئولة عن أعمال المساحة في هذه المدينة أو هذه الدولة.



شكل (٣-٢٧) أنواع و نماذج روبيرات

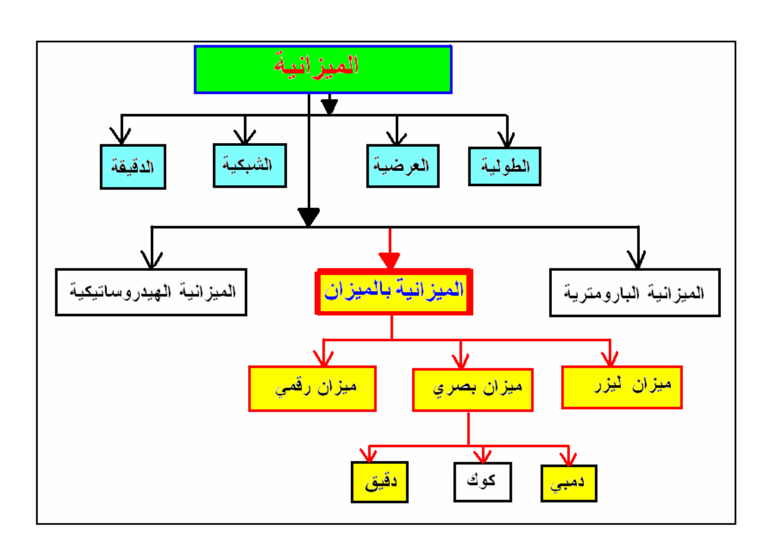
<u>الميزانية Levelling:</u>

الميزانية هي العملية المساحية التي من خلالها يتم تحديد ارتفاع أي نقطة عن متوسط منسوب سطح البحر. تنقسم الميزانية إلي نوعين رئيسيان: (١) ميزانية مباشرة أو ميزانية هندسية Direct or Spirit Levelling وهي الموضوع الأساسي في هذا الفصل ، (٢) ميزانية غير مباشرة مثل الميزانية البارومترية و الميزانية الهيدروستاتيكية و الميزانية المثلثية. تعتمد الميزانية البارومترية علي مبدأ أن الضغط الجوي يتناسب عكسيا مع الارتفاع فوق مستوي سطح البحر ، فإذا تمكننا من قياس فرق الضغط الجوي بين نقطتين (باستخدام جهاز البارومتر) فيمكن تحويله حسابيا إلي فرق المنسوب بين هاتين النقطتين. تعد دقة الميزانية البارومترية دقة منخفضة ولا تستخدم إلا في أعمال الاستكشاف. تعتمد الميزانية الهيدروستاتيكية علي نظرية الأواني المستطرقة ، فإذا وضعنا أسطوانتين زجاجيتين مملوءتان بسائل (علي نقطتين) وبينهما أنبوب من المطاط ويوجد تدريج علي جدار كلا منهما فأن فرق قراءة هذين التدريجين يعبر عن فرق المنسوب بين كلتا النقطتين. ينحصر استخدام الميزانية الهيدروستاتيكية في المسافات القصيرة جدا حيث أن طول الأنبوب الواصل بين كلا الزجاجتين لا يكون طويلا بصفة عامة. تعتمد الميزانية المثلثية علي قياس الزاوية الرأسية بين نقطتين (باستخدام الثيودليت) وقياس المسافة المائلة بينهما (بالشريط أو باستخدام EDM) ثم حساب فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين. حديثا أمكن قياس فرق الارتفاع بين النقاط باستخدام تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف بأسم GPS ثم تحويله حسابيا إلي فرق المنسوب بين هذه النقاط.

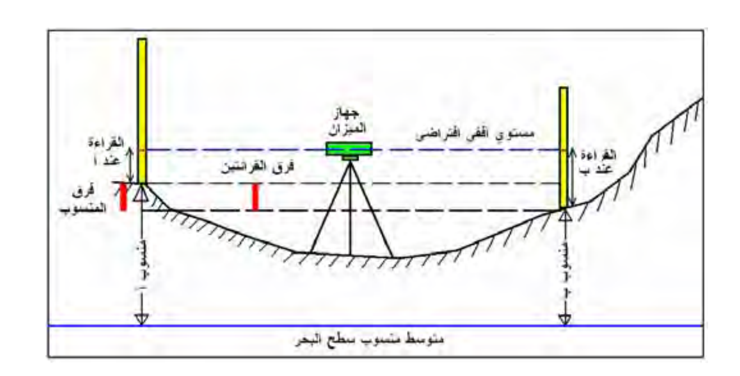
تنقسم الميزانية المباشرة من حيث أسلوب تنفيذها في الطبيعة إلي ميزانية طولية (في اتجاه طولي مثل محور طريق) و عرضية (مثل قطاعات عرضية علي المحور الأساسي للمشروع) و شبكية (تغطي منطقة من الأرض) ، وفي حالة الوصول لدقة عالية في تحديد فروق المناسيب (باستخدام أجهزة خاصة عالية الدقة) فتسمي الميزانية بالميزانية الدقيقة.

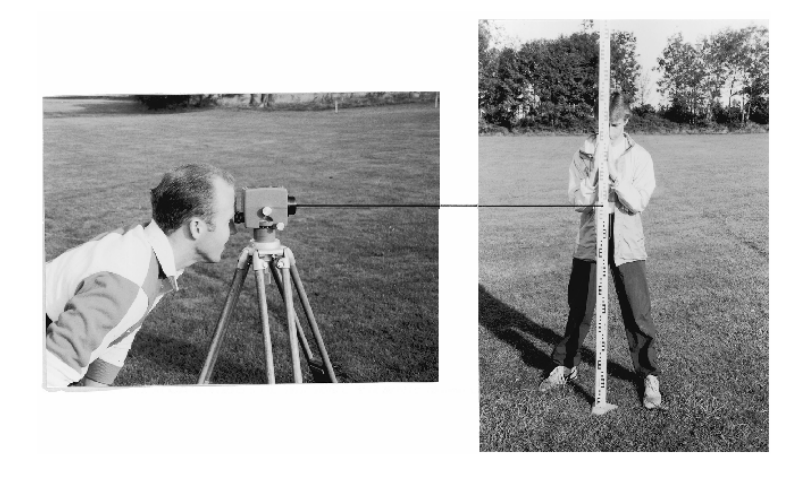
تعتمد فكرة الميزانية المباشرة (أو الميزانية الهندسية) علي وجود جهاز يحدد المستوي الأفقي بين نقطتين (يسمي جهاز الميزان) مع وجود مسطرة مدرجة (تسمي قامة) توضع رأسيا عند كل نقطة. فإذا تم تحديد تقاطع المستوي الأفقي مع المسطرة (القامة) عند كل نقطة وتسجيل هاتين القراءتين فأن فرق الارتفاع (فرق المنسوب) بين النقطتين هو فرق قراءتي القامتين. فإذا علمنا منسوب نقطة منهما أمكن حساب منسوب النقطة الثانية.

أذا أخذنا المثال التالي حيث وضعت القامة الأولي عند النقطة أ معلومة المنسوب ووضعت القامة الثانية عند النقطة ب المطلوب تحديد منسوبها. وضع جهاز الميزان بين النقطتين وكانت قراءة القامة عند أ تبلغ ٣ متر بينما قراءة القامة عند ب تبلغ ١ متر. إذن فرق القراءتين يساوي ٢ متر ، وهو نفس قيمة فرق المنسوب بين النقطتين أ و ب. فإذا علمنا منسوب النقطة أ (ارتفاعها عن منسوب متوسط سطح البحر) فيمكن حساب منسوب النقطة الثانية ب.

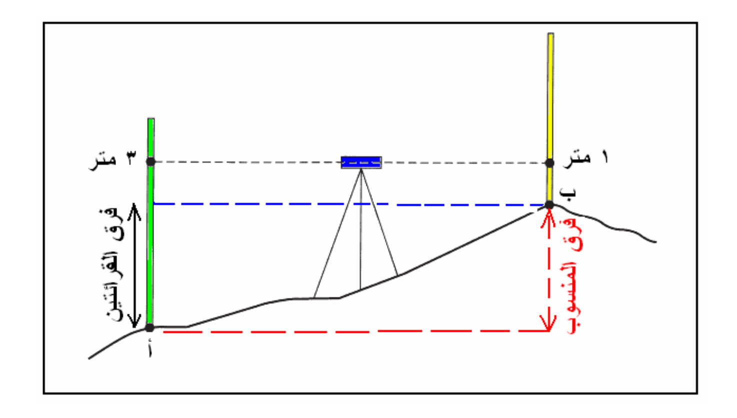


شكل (٣-٢٨) الميزانية





شكل (٣-٢٩) مبدأ الميزانية المباشرة



شكل (٣-٣٠) مثال للميزانية المباشرة

جهاز الميزان و ملحقاته:

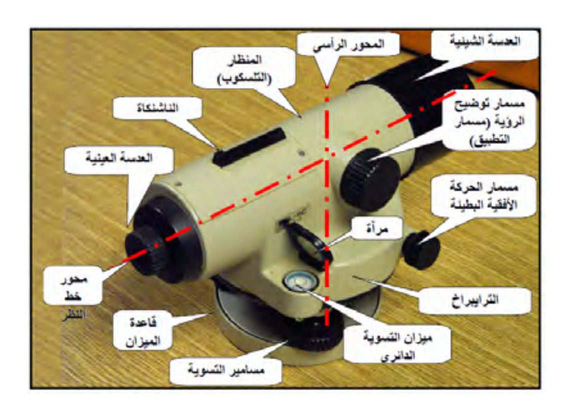
الميزان Level هو الجهاز المساحي المستخدم للحصول علي مستوي أفقي وهمي يوازي متوسط منسوب سطح البحر. تتكون أجهزة الميزان بصفة عامة من مجموعتين الميزان البصري والميزان الالكتروني أو الرقمي. تشمل أجهزة الميزان البصري فئتين: (أ) ميزان كوك Cook's Level (القديم غير المستخدم حاليا) والذي كان منظاره مركب علي طوقين أو حلقتين بحيث يمكن فك المنظار وعكس اتجاهه ثم تركيبه علي قاعدته مرة أخري ، (ب) ميزان دمبي Dumby's Level وهو الأحدث والشائع حاليا حيث منظاره غير قابل للعكس.

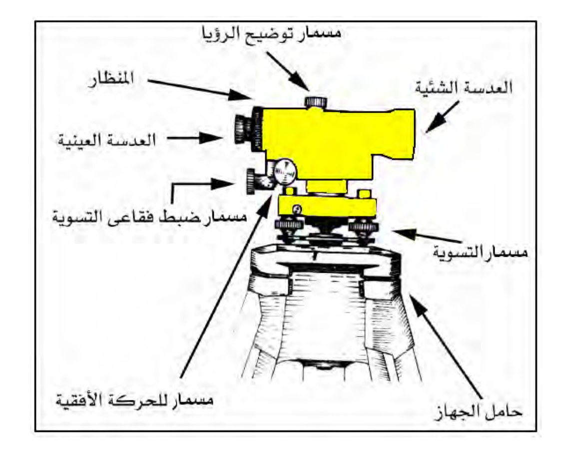


شكل (٣-٣١) أجهزة ميزان بصري من نوع دمبي

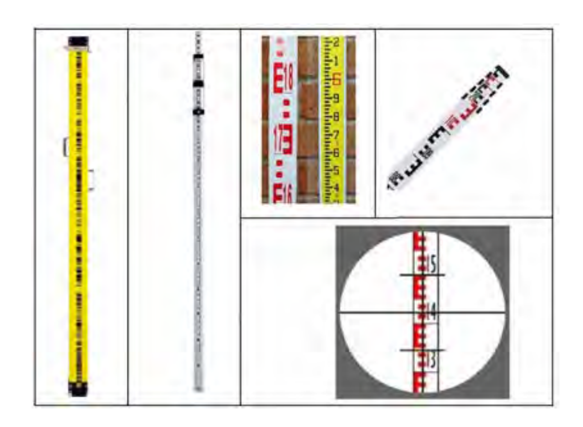
يتكون جهاز الميزان البصري من: المنظار أو التلسكوب ويوجد علي أحد طرفيه العدسة العينية وعلي الطرف الآخر العدسة الشيئية ومثبت أعلاه أداة التوجيه نحو الهدف (الناشنكاه) ومركب علي جانبه مسمار توضيح الرؤية المسمي مسمار التطبيق، علي التربراخ يوجد مسمار الحركة الأفقية البطيئة للميزان بالإضافة لميزان التسوية الدائري وثلاثة مسامير لضبط أفقية الجهاز. ويركب الميزان علي قاعدته التي توضع علي الحامل الثلاثي (الخشبي أو الألمونيوم) عند الرصد. بعض أجهزة الميزان بها مراه أعلي ميزان التسوية الدائري لكي يتمكن الراصد من التحقق من أفقية الجهاز باستمرار. أجهزة الميزان الحديثة يوجد بداخلها ميزان تسوية آخر يمكن رؤيته من داخل العدسة العينية لكي يتم الحصول علي أفقية تامة للجهاز عند كل رصدة. أيضا في بعض أجهزة الميزان يوجد أسفل التربراخ قرص (منقلة أو دائرة أفقية) مدرج لقياس الزوايا الأفقية ، بدقة الدرجة أو كسورها.

تعد القامة Staff أهم الأدوات المستخدمة مع جهاز الميزان لإجراء أعمال الميزانية (قياس فرق الارتفاع) في الطبيعة. القامة هي مسطرة مدرجة لأمتار وسنتيمترات يتراوح طولها بين ٣ و ٥ أمتار وان كان الطول الشائع للقامة هو ٤ أمتار. تصنع القامة إما من الخشب أو من الألمونيوم و توجد عدة أنواع من القامات فمنها: (أ) القامة المطوية التي تتكون من أكثر من قطعة متصلين و يمكن طيهم و عند الاستعمال تفرد القامة في استقامة واحدة ، (ب) القامة التلسكوبية أو المتداخلة حيث تتكون من ثلاثة (أو أربعة) أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها وتتميز بصغر طولها عند عدم الاستخدام و ضمان عدم وجود ميل في أي جزء من أجزاء القامة ، (ج) القامة المنزلقة وتتكون من جزأين منفصلين أحداهما ينزلق و راء الآخر في مجرى صغير ، (د) القامة ذات القطعة الواحدة والتي غالبا لا يتجاوز طولها المترين حتى يسهل حملها. يتم استخدام قامتين (أو أكثر) مع كل ميزان لإتمام أعمال الميزانية أو التسوية وذلك لسرعة إتمام العمل الحقلي.





شكل (٣-٣٢) مكونات الميزان البصري



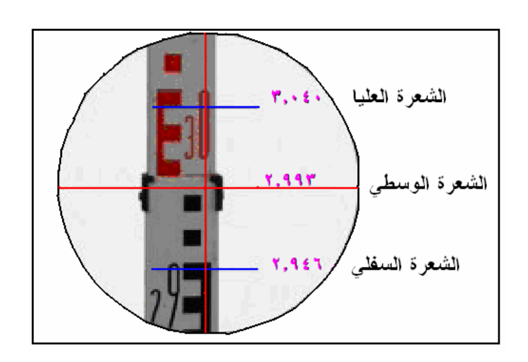
شكل (٣-٣٣) القامة

تشمل أدوات الميزان المساعدة أيضا: (١) ميزان تسوية صغير يتم تثبيته خلف أو جانب القامة لضمان رأسية القامة ذاتها وعدم ميلها أثناء الرصد ، (٢) قاعدة حديدية توضع تحت القامة عند الرصد في الأراضي الرخوة أو الترابية أو الرملية ، (٣) دفتر الميزانية لتسجيل القراءات (أو الأرصاد) في الطبيعة.



شكل (٣-٣٤) ميزان تسوية القامة

يوجد بالميزان حامل للشعرات يمكن الراصد من أخذ ٣ قراءات علي القامة: الشعرة الوسطي هي التي تحدد قراءة القامة المستخدمة في حساب فرق المنسوب ، بينما الشعرتين العليا و الوسطي (يطلق عليهم أسم شعرات الاستاديا) يتم استخدامهما في حساب المسافة الأفقية بين القامتين.



شكل (٣-٣٥) القراءات علي القامة

تطورت أجهزة الميزان لتظهر مجموعة أخري منها تسمي الميزان الرقمي أو الالكتروني والذي يتميز بإمكانية تسجيل القراءات في ذاكرة الميزان (بدلا من استعمال دفتر الميزانية) وأيضا وجود لوحة مفاتيح علي الجهاز لتسجيل أية بيانات متعلقة بالمشروع. بعض الأجهزة الالكترونية تستخدم قامة من نوع خاص bar-code staff (ليست قامة مدرجة بالأرقام العادية) بحيث أن الميزان يحدد تقاطع المستوي الأفقي مع هذه القامة بصورة الكترونية ومنها يحس قيمة فرق الارتفاع بين الميزان و القامة. وبالتالي فيزيد سعر الميزان الرقمي عن سعر مثيله العادي. أيضا توجد بعض أنواع الميزان الالكتروني تسمي أجهزة ذاتية الضبط self-levelling حيث يوجد داخل الميزان جهاز موازنة compensator يمكنه الحفاظ علي أفقية الميزان (بعد ضبطه أول مرة) ، فإذا مال الميزان قليلا يقوم جهاز الموازنة بإعادته مرة أخري للوضع الأفقي السليم. يستخدم الميزان ذاتي الضبط في المواقع الإنشائية التي تكثر بها حركة المعدات الثقيلة واهتزازات الأرض مما يؤثر علي أفقية الميزان كثيرا.




شكل (٣-٣٦) أجهزة ميزان بصري رقمي أو الكتروني

يعتمد ميزان الليزر علي مبدأ إطلاق أشعة ليزر في مستوي أفقي حتى تنعكس عند اصطدامها بقامة من نوع خاص وبالتالي يقوم جهاز مستقبل الليزر - الذي يتحرك علي القامة - بتحديد قراءة تدريج هذه النقطة الكترونيا ، ويتم تسجيل القياسات آليا داخل ذاكرة الجهاز. أي أن العمل بميزان الليزر لا يتطلب أي توجيه بصري إلي القامة وبالتالي فأن الراصد يتواجد مع القامة (وليس الميزان). يشيع استخدام أجهزة ميزان الليزر في أعمال التشييد والبناء لكن سعرها أغلي من أجهزة الميزان البصري.

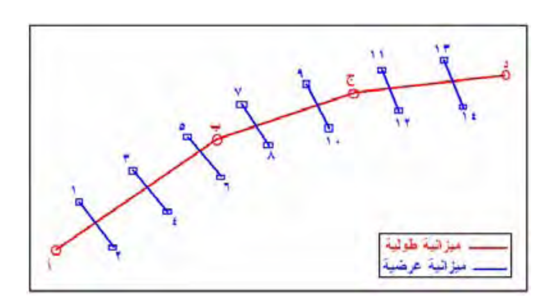


شكل (٣-٣٧) أجهزة ميزان ليزر

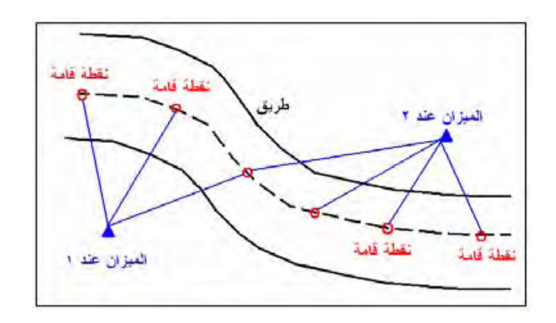
يتكون الضبط المؤقت لجهاز الميزان (استخدامه في الطبيعة) من ضبط أفقية الميزان باستخدام مسامير التسوية الثلاثة بنفس طريقة ضبط أفقية جهاز الثيودليت. استخدام الميزان لا يشمل أية عمليات تسامت حيث أن الميزان يتم استخدامه في أي مكان في الموقع ولا يتطلب احتلال نقطة معينة ، لكن عند بدء العمل فأن القامة توضع علي النقطة معلومة المنسوب BM.

أعمال الميزانية الطولية والعرضية:

الميزانية الطولية هي عملية قياس فروق الارتفاعات (ثم حساب المناسيب) لمجموعة من النقاط علي خط واحد أي في الاتجاه الطولي للمشروع مثل الطرق و الجسور و الكباري. وبرسم ارتفاعات (أو مناسيب) هذه النقاط نحصل علي القطاع الطولي - تضاريس – للمشروع. أما الميزانية العرضية – كما هو واضح من أسمها – فهي قياس فروق الارتفاعات لمجموعة من النقاط العرضية أو العمودية علي محور المشروع لرسم القطاعات العرضية لتضاريس العمل.



شكل (٣-٣٨) الميزانية الطولية و العرضية

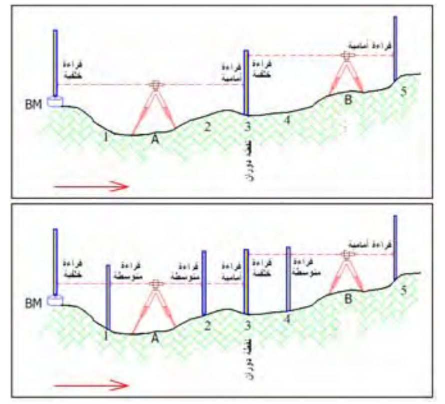


شكل (٣-٣٩) الميزانية الطولية

عند إجراء الميزانية الطولية (وأيضا العرضية) يقف جهاز الميزان في عدد من النقاط ويكون هناك عدة أنواع من القراءات علي القامة:

القراءة الخلفية أو المؤخرة Back Sight or BS: أول قراءة تؤخذ علي القامة بعد تثبيت الميزان في أي نقطة.
القراءة الأمامية أو المقدمة For Sight or FS: آخر قراءة تؤخذ علي القامة قبل نقل الميزان إلي النقطة التالية.
القراءة المتوسطة Intermediate Sight or IS: كل قراءة تؤخذ علي القامة بين قراءتي الخلفية و الأمامية.

نقطة الدوران أو التحول Turning point: النقطة التي يؤخذ عندها علي القامة قراءة خلفية و قراءة أمامية.



شكل (٣-٤٠) خطوات الميزانية الطولية

يبدأ العمل الحقلي بوضع الميزان عند أي نقطة اختباريه بالقرب من الروبير أو BM (نقطة A في الشكل) بينما يتم وضع القامة الأولي أعلي الروبير والقامة الثانية بعد الميزان في الاتجاه المطلوب إجراء الميزانية الطولية خلاله (نقطة ٣ في الشكل). يفضل أن يكون وضع الميزان في منتصف المسافة (بقدر الإمكان) بين كلتا القامتين. يتم ضبط أفقية الميزان باستخدام مسامير التسوية كما يتم ضبط رأسية كل قامة من خلال ميزان التسوية الجانبي. يتم تسجيل القراءة علي القامة الخلفية في دفتر الأرصاد (أو في ذاكرة الجهاز) ، ثم يدور الميزان أفقيا ويتم التوجيه علي القامة الثانية (القامة الأمامية) وتسجيل قراءتها أيضا. تظل القامة الثانية (الأمامية) في مكانها بينما تتحرك القامة الأولي (التي كانت خلفية) إلي موقع جديد (النقطة ٥ في الشكل)، وينقل الميزان أيضا لموقعه الجديد (النقطة B في الشكل). يتم ضبط أفقية الميزان ورأسية كلتا القامتين ثم تسجيل القراءة علي القامة الخلفية ثم القامة الأمامية. أي أن النقطة ٣ (في الشكل) أصبحت نقطة دوران حيث تم رصدها مرة كقراءة أمامية (من الميزان عند A) ومرة كقراءة خلفية (من الميزان عند B). يتم تكرار هذه الخطوات طوال المحور الطولي (الخط المطلوب للميزانية) حتى تصل القامة الأمامية لتحتل نقطة الهدف الأخيرة في هذا المحور.

أيضا يمكن تنفيذ ميزانية عرضية – أثناء إجراء ميزانية طولية – من خلال تطبيق النقاط المتوسطة ، سواء باستخدام احدي القامتين الرئيستين أو باستخدام قامة ثالثة. أثناء وقوف الميزان عند النقطة علي محور الميزانية الطولية (نقطة A في الشكل) يتم وضع قامة عند النقطة علي القطاع العرضي المطلوب (نقطة ١ في الشكل) وتسجيل قراءتها في دفتر الأرصاد، ثم تنقل هذه القامة للنقطة ٢ (في الشكل) وتسجل قراءتها أيضا ليصبح لدينا قراءتين متوسطتين يحددا فرق ارتفاع كلتا نهايتي القطاع العرضي المطلوب.

الفصل الرابع

نظم الإحداثيات و مساقط الخرائط

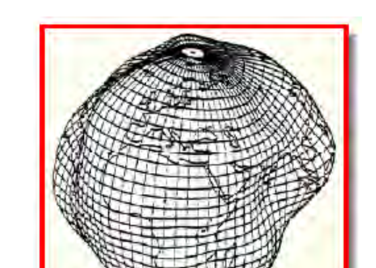
الخريطة هي تمثيل مصغر لسطح الأرض أو جزء منه، لكن ما هو شكل الأرض؟ هل هي مستوي أم كرة أم شكل آخر؟. أيضا طالما أن الأرض شكل مجسم بينما الخريطة سطح مستوي (قطعة من الورق أو ملف رقمي) فكيف يمكن تحويل – أو إسقاط - القياسات الميدانية التي تتم علي هذا المجسم إلي رسم مصغر علي سطح مستوي؟ هذه الأسئلة يجب أن يلم صانع الخريطة Mapmaker بإجاباتها المختلفة ليعرف كيف يقوم بإعداد الخريطة بصورة و أسلوب علمي سليم، وأيضا ليعرف كيف يدمج مجموعة من الخرائط (خاصة الرقمية) في حالة اختلاف الأسس الهندسية و الرياضية لكل خريطة منهم.

لكل خريطة أساس رياضي يتكون من مجموعة من العناصر أو المعادلات الرياضية (مثل نوع الإسقاط و نوع الإحداثيات)، وهناك عدة طرق رياضية لتحويل الخريطة من أسلوب رياضي إلي آخر (من مسقط إلي آخر أو من نظام إحداثيات إلي آخر) أو للتعامل مع عدة خرائط مختلفة الأسس في إطار (أو مشروع) واحد. تعد المعرفة العلمية الدقيقة بتفاصيل الأساس الرياضي للخريطة أهم عناصر النجاح في إعداد خريطة سليمة، كما تعد من أهم المتطلبات العلمية للتعامل مع الخرائط الرقمية.

٤-١ شكل الأرض

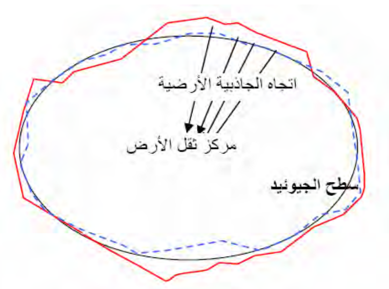
في بدايات المعرفة البشرية ظن الإنسان أن الأرض هي قرص صلب يطفو فوق سطح الماء ، إلي أن تطور التفكير العلمي للبشر قليلا وجاء العالم اليوناني فيثاغورث Pythagoras في القرن السادس قبل الميلاد وافترض أن الأرض كروية الشكل. وكانت أولي محاولات العلماء لتقدير حجم أو محيط هذه الكرة هي تجربة العالم الإغريقي أراتوستين التي سبق الإشارة إليها في الفصل الأول. وفي القرنين الخامس عشر و السادس عشر أيد كلا من الرحالة كولومبوس Columbus و ماجلان Magellan فكرة كروية الأرض من خلال رحلاتهما الشهيرة بالدوران حول الأرض. في عام ١٦٨٧ طور العالم الشهير نيوتن Newtown عدة مبادئ نظرية علمية وكان أهمها: أن الشكل المتوازن لكتلة مائعة متجانسة خاضعة لقوانين الجذب و تدور حول محورها ليس هو شكل الكرة كاملة الاستدارة لكنه شكل مفلطح قليلا باتجاه القطبين. وفي عام ١٧٣٥ قامت أكاديمية العلوم الفرنسية بتنظيم بعثتين لإجراء القياسات اللازمة للتأكد من هذه الفرضية وأثبتت النتائج فعلا أن الأرض مفلطحة وليست كروية الشكل تماما.

إننا نعيش علي سطح كوكب الأرض وعندما نريد أن نحدد أي موقع علي الأرض فنحن بحاجة إلي أن نقوم بتعريف هذا السطح – شكله و حجمه – لكي يمكننا من معرفة في أي مكان نحن نقع بالضبط. إن شكل السطح الطبيعي للأرض كما خلقه الله تعالي بما يضمه من قارات و محيطات و جبال و أودية و بحار ليس شكلا سهلا وليس منتظما لكي يمكن التعبير عنه بسهولة (شكل ١٣-١).



شكل (٤-١) الأرض غير منتظمة الشكل

بحث العلماء عن شكل افتراضي آخر للأرض يكون أقل تعقيدا واهتدوا إلي فكرة أنه طالما أن مساحة الماء في المحيطات و البحار تشكل حوالي ٧٠% من مساحة الأرض فأن شكل الأرض يكاد يكون هو الشكل المتوسط لسطح الماء (إذا أهملنا حركة سطح الماء بسبب التيارات البحرية و المد و الجزر) Mean Sea Level والمعروف اختصارا بأحرف MSL، وإذا قمنا بمد هذا السطح تحت اليابسة لنحصل علي شكل متكامل فأن هذا الشكل سيكون أقرب ما يكون للشكل الحقيقي للأرض. وتم إطلاق اسم الجيويد أو الجيوئيد Geoid علي هذا الشكل الافتراضي [يجب ملاحظة أن هناك فرق في حدود متر واحد فقط بين كلا من MSL و الجيويد إلا أنه في معظم التطبيقات الهندسية تتغاضي عن هذا الفرق و نعتبر أن كلا الشكلين أو المصطلحين يشيرا لنفس الجسم]. ولكن طبقا لمبدأ نيوتن السابق فأن شكل هذا الجيويد لن يكون منتظما لان سطح الجيويد يتعامد مع اتجاه قوة الجاذبية الأرضية وأيضا يخضع لقوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها ، وكلا القوتين تختلفان من مكان لآخر علي سطح الأرض بسبب عدم توزيع الكثافة بشكل منتظم (يختلف سمك القشرة الأرضية من ٦ إلي ٦- كيلومتر) . وبذلك نخلص إلي أن الجيويد (شكل ٤-٢) هو الشكل الحقيقي للأرض إلا أنه شكل معقد أيضا و يصعب تمثيله بمعادلات رياضية تمكننا من رسم الخرائط و تحديد المواقع عليه.



شكل (٤-٢) الجيويد: الشكل الحقيقي للأرض

لتعقد الجيويد وصعوبة تمثيله بمعادلات رياضية أتجه العلماء إلي البحث عن أقرب الأشكال الهندسية المعروفة ووجدوا أن القطع الناقص أو الاليبس Ellipse هو الأقرب ، فإذا دار هذا الاليبس حول محوره فسينتج لنا مجسم القطع الناقص أو الاليبسويد أو الشكل البيضاوي Ellipsoid or Ellipsoid of Revolution ويعرف أيضا باسم الاسفرويد Spheroid (لكن اسم الاليبسويد هو الأكثر انتشارا وهو الذي سنستخدمه في هذا الكتاب). ربما يتبادر إلي الأذهان الآن سؤال: ما هو الفرق بين الاليبس و الدائرة أو بمعني آخر ما هو الفرق بين الاليبسويد و الكرة؟ بالنظر لشكل (٤-٣) نجد أن الاليبسويد مفلطح قليلا عند كلا القطبين بعكس

الكرة التي تكون كاملة الاستدارة تماما ، أيضا الكرة لها قطر و احد له نفس القيمة في جميع الاتجاهات بينما نجد الاليبسويد له محورين مختلفين. للتعبير عن الاليبسويد يلزمنا معرفة عنصرين (لاحظ أن الكرة يعبر عنها بعنصر واحد فقط هو نصف قطرها):

- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الاستواء) ويرمز له بالرمز a

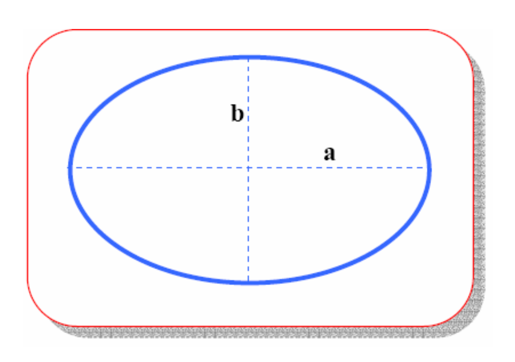
- نصف المحور الأصغر (المحور بين كلا القطبين) ويرمز له بالرمز b

ويقوم البعض بالتعبير عن الاليبسويد بطريقة أخري من خلال العنصرين:

- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الاستواء) ويرمز له بالرمز a

- معامل التفلطح flattening ويرمز له بالرمز f ويتم حسابه من المعادلة:

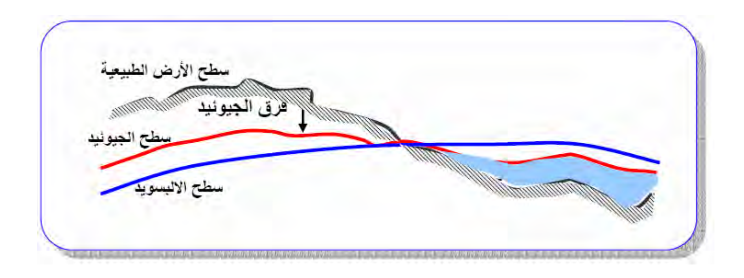
$$f = (a - b) / a \quad \text{or} \quad f = 1 - (b / a) \qquad (4\text{-}1)$$



شكل (٤-٣) الاليبسويد

ويتميز شكل الاليبسويد بعدة خصائص مثل (شكل ٤-٤):

أ- سهولة إجراء الحسابات علي سطحه (حيث أنه شكل هندسي معروف).
ب- لا يختلف سطح الاليبسويد الرياضي عن سطح الجيويد الفيزيقي كثيرا (أكبر فرق بين كلاهما لا يتعدي ١٠٠ متر فقط. لاحظ أن الفرق بين الجيويد و الكرة يصل إلي ٢١ كيلومتر تقريبا).



شكل (٤-٤) العلاقة بين الجيويد و الاليبسويد

المراجع الجيوديسية Datums

لكي يمكن تحديد المواقع علي سطح الأرض يلزمنا اختيار شكل رياضي يعبر عن شكل و حجم الأرض ذاتها وهو ما نطلق عليه اسم الشكل المرجعي Reference Surface. أحد هذه الأشكال المرجعية من الممكن أن يكون الكرة والتي كانت مستخدمة لفترة طويلة لتحديد المواقع التي لا تتطلب دقة كبيرة ولرسم الخرائط التي لا يزيد مقياسها عن ١ : مليون. أيضا للمساحات الصغيرة جدا (أقل من ٥٠ كيلومتر مربع) من الممكن اعتبار المستوي Plane شكلا مرجعيا وخاصة في تطبيقات المساحة المستوية Plane Surveying. أما لتحديد المواقع بدقة عالية أو لرسم الخرائط الدقيقة فأن الاليبسويد هو الشكل المرجعي المستخدم.

طوال القرنين الأخيرين تعددت محاولات علماء الجيوديسيا لتحديد أنسب اليبسويد يعبر عن شكل الأرض بأقرب صورة ممكنه. وكلما تجمعت قياسات جيوديسية جديدة لدي أحد العلماء أو الجهات الدولية تم حساب قيم جديدة لعناصر تعريف الاليبسويد (سواء a , b أو a , f) مما أدي لوجود العديد من نماذج الاليبسويد ، ويعرض الجدول التالي بعضا من هذه النماذج.

كانت كل دولة عند بدء إقامة الهيكل الجيوديسي أو المساحي لها بغرض البدء في إنتاج الخرائط غالبا ما تختار أحدث اليبسويد – في ذلك الوقت – لتتخذه السطح المرجعي لنظام خرائطها. فإذا ظهر بعد عدة سنوات اليبسويد آخر لم يكن ممكنا – لأسباب تقنية و مادية – أن تقوم هذه الدولة بتغيير السطح المرجعي لها و إعادة إنتاج و طباعة كل خرائطها من جديد. لكن ما هو المرجع؟ من المعروف أن أي اليبسويد يكون أقرب ما يمكن لتمثيل سطح الأرض علي المستوي العالمي، أي أن الفروق بينه وبين الجيويد تختلف من مكان لمكان علي سطح الأرض لكنها أقل ما يمكن علي المستوي العالمي. لكن كل دولة عندما تعتمد اليبسويد معين تريد أن يكون الفرق بينه و بين الجيويد أقل ما يمكن في حدودها ولا تهتم إن كانت هذه الفروق كبيرة في مناطق أخري من العالم. لذلك كانت كل دولة تلجأ لتعديل وضع الاليبسويد المرجعي قليلا Re-Position لكي يحقق هذا الهدف. وفي هذه الحالة – أي بعد إجراء هذا التعديل البسيط – فلم يعد هذا الاليبسويد كما كان في الأصل لكنه صار في وضع مختلف ، وهنا نطلق عليه اسم مرجع أو مرجع جيوديسي أو مرجع وطني أو بيان A geodetic Datum, a local datum, or simply a datum. أي أن المرجع الوطني لأي دولة ما هو إلا اليبسويد عالمي قد تم تعديل وضعه بصورة أو بآخري ليناسب هذه الدولة ويكون أقرب تمثيلا لشكل الجيويد (الشكل الحقيقي للأرض) عند هذه الدولة. كما يجب الإشارة إلي أنه كلما قلت الفروق بين المرجع الوطني لدولة ما و الجيويد كلما زادت دقة الخرائط المرسومة اعتمادا علي هذا المرجع.

ولتوضيح هذه النقطة الهامة أكثر سنأخذ مثال لجمهورية مصر العربية. عند بدء أعمال الجيوديسيا و إنشاء الخرائط في مصر في بداية القرن العشرين كان أحدث اليبسويد متاح في ذلك الوقت هو اليبسويد هلمرت ١٩٠٦. تم اتخاذ القرار باختيار هذا الاليبسويد ليكون سطحا مرجعيا لمصر. وبعد ذلك تم إجراء عدد من التعديلات علي وضع هذا الاليبسويد ليتكون ما يعرف باسم المرجع الوطني المصري ١٩٠٧ Old Egyptian Datum أو اختصارا OED1970. أحد هذه التعديلات كان الفرض بأن الارتفاع عن سطح الاليبسويد = الارتفاع عن متوسط سطح البحر عند النقطة الأساسية المسماة F1 أو نقطة الزهراء بجبل المقطم. هذا الفرض يعني أننا افترضنا أن سطح اليبسويد هلمرت ١٩٠٦ ينطبق مع سطح الجيويد عند هذه النقطة (هذا غير حقيقي لكنه فرض أساسي لتسهيل بدء الحسابات الجيوديسية لشبكات الثوابت الأرضية المساحية). وبمعني آخر أننا قمنا برفع سطح اليبسويد هلمرت ١٩٠٦ عدة أمتار

لينطبق مع سطح الجيويد عند هذه النقطة المحددة ، وبالتالي لم يعد هلمرت ١٩٠٦ هو ذلك الاليبسويد العالمي الذي تم تحديد شكله و حجمه ووضعه ليكون أقرب ما يمكن لتمثيل شكل الأرض علي المستوي العالمي ، إنما صار له وضع جديد يناسب المنطقة الجغرافية لجمهورية مصر العربية فقط. هنا لا نقول أنه اليبسويد أنما نطلق عليه اسم المرجع المصري.

بعض نماذج الاليبسويد المستخدمة عالميا

اسم الاليبسويد	نصف المحور الأكبر a بالمتر	نصف المحور الأصغر b بالمتر	الدولة التي تستخدمه
Helmert 1906	٦٣٧٨٢٠٠	٦٢٥٦٨١٨	مصر
Clarcke 1866	٦٣٧٨٢٧٤	٦٣٥٦٦٥١	أمريكا الشمالية
Bassel 1841	٦٣٧٧٣٩٧	٦٣٥٦٠٧٩	وسط أوروبا
Airy 1830	٦٣٧٧٥٦٣	٦٣٥٦٢٥٧	بريطانيا
WGS72	٦٣٧٨١٣٥	٦٣٥٦٧٥٠	عالمي
WGS84	٦٣٧٨١٣٧	٦٣٥٦٧٥٢	عالمي

كما يجب الإشارة في هذا السياق إلي وجود مراجع وطنية عديدة لدول مختلفة كلها تعتمد علي نفس الاليبسويد العالمي ، لكن كل مرجع منهم يعدل وضع هذا الاليبسويد بصورة مختلفة. كمثال فان المراجع الوطنية لكلا من السودان و تونس و المغرب و الجزائر و الإمارات و عمان تعتمد جميعها علي اليبسويد Clarke 1880 لكن كل مرجع له وضع مختلف (أنظر عناصر التحويل بين المراجع لاحقا).

المراجع التي تحدثنا عنها حتى الآن هي ما يمكن أن نطلق عليها اسم المراجع الأفقية Horizontal Datum وهي الخاصة بتحديد المواقع في المستوي الأفقي. أما عند التعامل مع الإحداثيات في المستوي الرأسي (أي الارتفاعات) فأننا نحتاج إلي نوع آخر من المراجع هي المراجع الرأسية Vertical Datum. ويعد الجيويد هو المرجع الرأسي المعتمد في العديد من دول العالم ، أي لتحديد هذا المرجع نحتاج لتحديد النقطة التي يكون عندها متوسط سطح البحر يساوي صفر. وكمثال في مصر فقد تم إنشاء محطة قياس المد و الجزر Tide Gauge في ميناء الإسكندرية وتم تسجيل قياساتها لمدة ٨ سنوات من عام ١٨٩٨ إلي عام ١٩٠٦ وأخذ متوسطها بحيث أن هذه القراءة (علي المسطرة المدرجة داخل المحطة) اعتبرت هي المنسوب المساوي للصفر أي هي النقطة التي تحدد موقع الجيويد. و انطلاقا من هذه النقطة المرجعية تم استخدام أسلوب الميزانية Leveling لإنشاء مجموعة من النقاط – تسمي الروبيرات أو Bench Marks: BM- المعلومة المنسوب و التي تغطي معظم أرجاء مصر. لذلك نقول أن المرجع الوطني الرأسي المصري Vertical Egyptian Datum هو قيمة متوسط سطح البحر MSL عند الإسكندرية في عام ١٩٠٦.

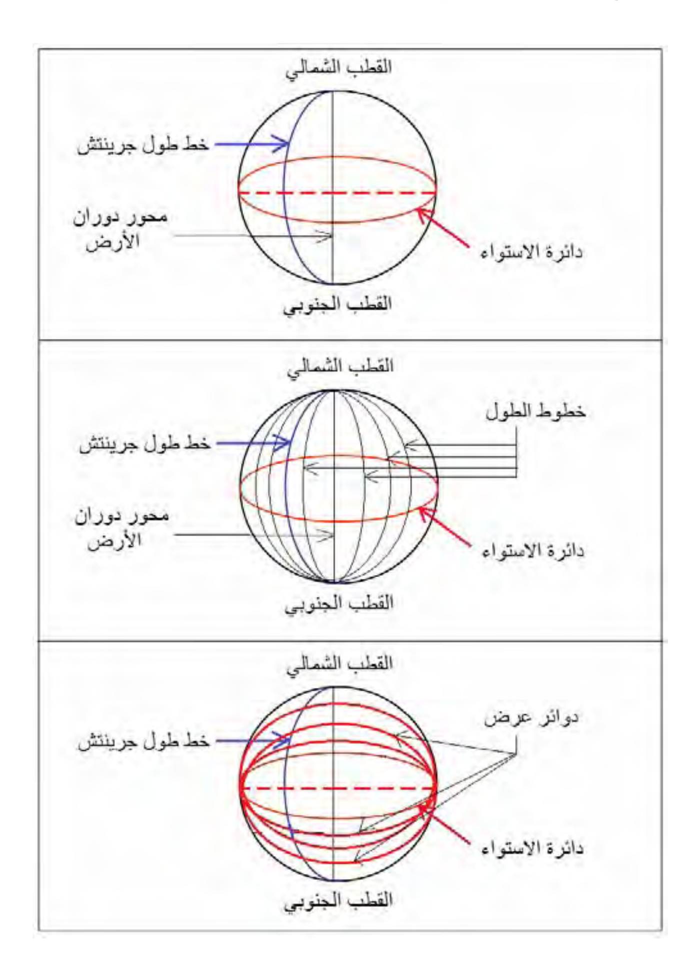
٤-٢ نظم الإحداثيات الجغرافية

الإحداثيات Coordinates هي القيم التي بواسطتها نعبر عن موقع معين علي سطح الأرض أو علي الخريطة. وتتعدد أنظمة الإحداثيات تبعا لاختلاف السطح المرجعي الذي يتم تمثيل المواقع عليه. فعند اختيار المستوي كسطح مرجعي (مثل الخريطة) فأن الإحداثيات تكون إحداثيات مستوية أو مسقطة أو ثنائية الأبعاد Two-Dimensional (or 2D) Coordinates. ويرجع اسم ثنائية الأبعاد إلي أن كل نقطة – علي الخريطة مثلا – يلزمها قيمتين لتحديد موقعها وليكن مثلا (س ، ص). بينما عند اعتماد الكرة أو الاليبسويد كسطح مرجعي فأننا نتعامل مع نوع الإحداثيات الفراغية أو الإحداثيات ثلاثية الأبعاد Three-Dimensional (or 3D) Coordinates حيث يجب إضافة ارتفاع النقطة عن سطح المرجع كبعد ثالث لتحديد موقعها الدقيق ، أي نحتاج لمعرفة القيم الثلاثة (س ، ص ، ع) لكل موقع. وفي حالة الكرة تسمي الإحداثيات باسم الإحداثيات الكروية Spherical Coordinates بينما في حالة الاليبسويد تسمي بالإحداثيات الجيوديسية Geodetic Coordinates أو الإحداثيات الجغرافية Geographic Coordinates أو الإحداثيات الاليبسويدية Ellipsoidal Coordinates. كما توجد إحداثيات أحادية البعد One-Dimensional (or 1D) Coordinates وهي غالبا التي تعبر فقط عن ارتفاع النقطة من سطح الشكل المرجعي المستخدم. وفي التطبيقات الجيوديسية و الجيوفيزيقية عالية الدقة توجد إحداثيات رباعية الأبعاد Four-Dimensional (or 4D) Coordinates حيث يتم تحديد موقع النقطة في زمن محدد بحيث تكون إحداثياتها هي (س ، ص ، ع ، ن) حيث البعد الرابع "ن" يعبر عن زمن قياس هذه الإحداثيات لهذا الموقع. وسنستعرض بعض أنظمة الإحداثيات بالتفصيل في الأجزاء التالية.

منذ قرون مضت أبتكر العلماء طريقة لتمثيل موقع أي نقطة علي سطح الأرض (باعتبار أن الأرض كرة) وذلك عن طريق:

- تم اتخاذ الخط الأساسي الأفقي هو تلك الدائرة العظمي (أي التي تمر بمركز الأرض) والتي تقع في منتصف المسافة بين القطبين وسميت **بدائرة الاستواء**.
- أتخذ الخط الأساسي الرأسي ليكون هو نصف الدائرة التي تصل بين القطبين الشمالي و الجنوبي وتمر ببلدة جرينتش بانجلترا.
- قسمت دائرة الاستواء إلي ٣٦٠ قسما متساويا و رسم علي سطح الأرض ٣٦٠ نصف دائرة (وهمية أو اصطلاحية) تصل بين القطبين وتمر بأحدي نقاط التقسيم علي دائرة الاستواء ، وكل نصف دائرة تسمي خط طول Longitude. ويتضح من ذلك أن الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتي تقسيم متجاورتين تساوي ١ درجة (يرمز للدرجة بالرمز ^{o}١) لان ٣٦٠ درجة تقابل ٣٦٠ قسما. وتم ترقيم خط طول جرينتش بالرقم صفر وخط الطول المجاور له من جهة الشرق ^{o}١ شرق ، ثم ^{o}٢ شرق ، .... إلي ^{o}١٨٠ شرق وبنفس الطريقة للخطوط الواقعة غرب جرينتش من ^{o}١ غرب ، إلي ^{o}١٨٠ غرب. وتكون زاوية خط الطول هي الزاوية الواقعة في مستوي دائرة الاستواء والمحصورة بين ضلعين يمر أحدهما بخط طول جرينتش بينما يمر الآخر بخط طول النقطة ذاتها.
- تم تقسيم خط الطول الأساسي (جرينتش) إلي ١٨٠ قسما متساويا ورسم علي الأرض دوائر صغري وهمية (الدائرة الصغرى هي التي لا تمر بمركز الأرض) توازي دائرة الاستواء وتمر كل دائرة منها بأحدي نقاط تقسيم خط طول جرينتش. وبذلك تكون

الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتين متجاورتين من نقاط التقسيم تساوي ١° لان ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسما ، وأطلق علي هذه الدوائر اسم دوائر العرض ومنهم ٩٠ دائرة شمال دائرة الاستواء و ٩٠ دائرة جنوبه. وبنفس الأسلوب تم ترقيم دائرة الاستواء بالرقم صفر ودائرة العرض المجاور لها من جهة الشمال ١° شمال ، ثم ٢° شمال ، .... إلي ٩٠° شمال وبنفس الطريقة للدوائر الواقعة جنوب دائرة الاستواء من ١° جنوب ، إلي ٩٠° جنوب. زاوية العرض Latitude هي الزاوية الواقعة في مستوي دائرة من دوائر الطول و رأسها عند مركز الدائرة و ضلعها الأساسي يمر في مستوي الاستواء و الضلع الآخر يمر في دائرة من دوائر العرض.



شكل (٤-٥) تحديد المواقع علي الكرة

٤-٢-١ الاحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

نظام الإحداثيات الجيوديسية هو أحد نظم الإحداثيات الذي مركزه هو مركز الأرض ومحاوره مثبته مع الأرض أثناء دورانها ولذلك يطلق عليه نظام مركزي أرضي ثابت Earth-Centered Earth-Fixed أو اختصارا ECEF. مركز النظام يقع في مركز جاذبية الأرض، وينطبق محوره الرأسي z مع محور دوران الأرض ، يتجه محوره الأفقي الأول x ناحية خط طول جرينتش بينما محوره الأفقي الثاني y يكون عموديا علي محور x (شكل ٤-٦).

z
محور دوران الارض
خط طول جرينتش
مركز الارض
y
دائرة الاستواء
x

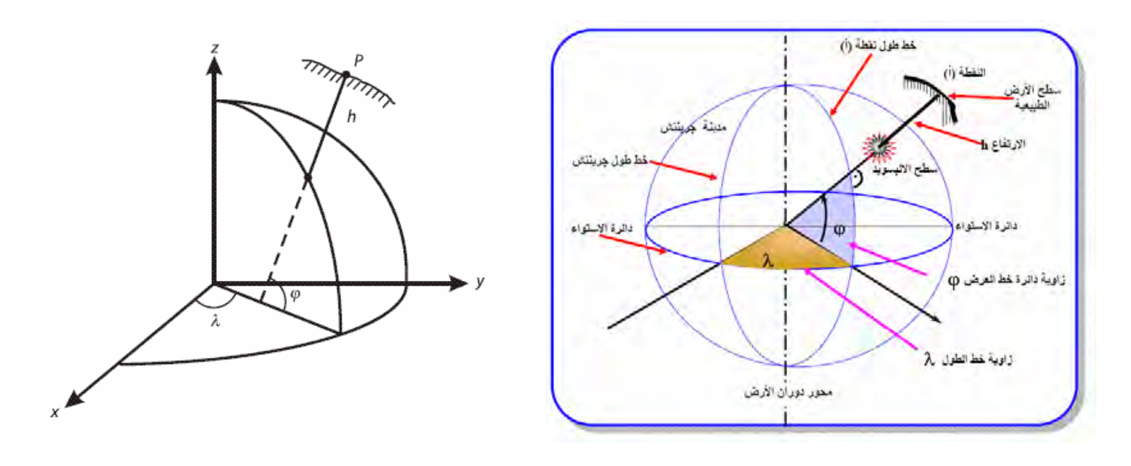
شكل (٤-٦) نظام الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

يتم تمثيل موقع أي نقطة في هذا النظام بثلاثة قيم أو ثلاثة إحداثيات ، أي أن هذا النظام ثلاثي الأبعاد 3D (شكل ٤-٧):

- خط الطول Longitude ويرمز له بالرمز اللاتيني λ (ينطق لامدا) ، وهو الزاوية المقاسة في مستوي دائرة الاستواء بين خط طول جرينتش (وهو خط الطول الذي أصطلح دوليا أن يكون رقم صفر) و خط طول النقطة المطلوبة.

- دائرة العرض Latitude ويرمز له بالرمز اللاتيني ϕ (ينطق فاي) ، وهي الزاوية في المستوي الرأسي والتي يصنعها الاتجاه العمودي المار بالنقطة المطلوبة مع مستوي دائرة الاستواء (يلاحظ في الشكل أن الاتجاه العمودي علي سطح الاليبسويد لا يمر بمركز الاليبسويد عكس حالة الكرة حيث يمر العمودي علي سطح الكرة بمركزها).

- الارتفاع عن سطح الاليبسويد ويرمز له بالرمز h ويسمي الارتفاع الجيوديسي أو الارتفاع الاليبسويدي Geodetic or Ellipsoidal Height

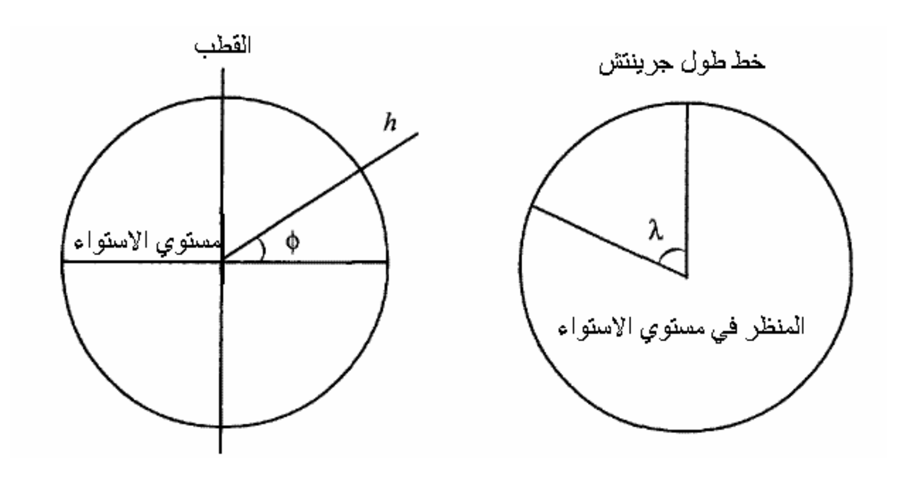


شكل (٤-٧) الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

وتوجد عدة نظم للوحدات المستخدمة في التعبير عن خطوط الطول و دوائر العرض أشهرها نظام الوحدات الستيني ، وفيه يتم تقسم الدائرة الكاملة إلي ٣٦٠ درجة (رمز الدرجة هو ^{o}) ثم تقسم الدرجة إلي ٦٠ جزء كلا منهم يسمي الدقيقة (رمز الدقيقة هو ') ثم لاحقا تقسم الدقيقة الواحدة إلي ٦٠ جزء يسمي الواحد منهم بالثانية (رمز الثانية هو "). كمثال: خط الطول 30^{o} 45' 52.3" يعني أن موقع هذه النقطة عند ٣٠ درجة و ٤٥ دقيقة و ٥٢.٣ ثانية. تكون خطوط الطول أما شرق خط طول جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف ق أو E) أو غرب جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف غ أو W). أما بالنسبة لدوائر العرض فتكون أما شمال دائرة الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ش أو N) أو جنوب خط الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ج أو S).

٤-٢-٢ الإحداثيات الكروية

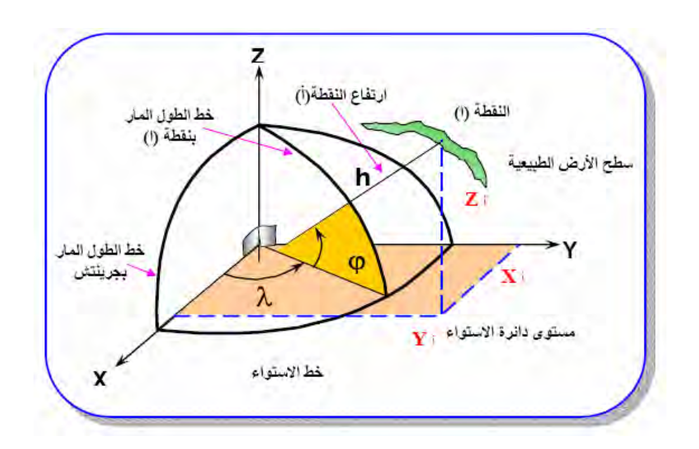
يشبه نظام الإحداثيات الكروية Spherical Coordinates نظام الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية ألا في اختلاف واحد فقط ألا وهو أن السطح المرجعي هنا هو الكرة و ليس الاليبسويد (شكل ٤-٨). يلاحظ في الشكل (خاصة لقياس دائرة العرض ϕ) أن الاتجاه العمودي علي سطح الكرة يمر بمركزها عكس حالة الاليبسويد حيث لا يمر العمودي علي سطح الاليبسويد بمركزه.



شكل (٤-٨) الإحداثيات الكروية

٤-٢-٣ الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية أو الفراغية أو الديكارتية

هو نظام إحداثيات مشابه تماما في تعريفه لنظام الإحداثيات الجيوديسية ألا أنه يتميز أن إحداثياته الثلاثة تكون طولية (أي بالمتر أو الكيلومتر) و ليس منحنية (بالدرجات) مما يجعله أسهل في التعامل وخاصة في الحسابات ، وقد أبتكره العالم الفرنسي ديكارت في القرن السابع عشر. نقطة الأصل لنظام الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية Cartesian Geodetic Coordinates هي مركز الأرض ومحوره الأول X ينشأ من تقاطع مستوي خط الطول المار بجرينتش مع مستوي دائرة الاستواء ومحوره الثاني Y هو العمودي علي محور X بينما المحور الثالث (الرأسي) Z هو محور دوران الأرض و الذي يمر بمركز الأرض وكلا القطبين. ويعبر عن موقع كل نقطة بثلاثة إحداثيات: X, Y, Z (شكل ٤-٩).



شكل (٤-٩) الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية

٤-٢-٤ التحويل بين الإحداثيات الجغرافية

يمكن باستخدام مجموعة المعادلات التالية تحويل الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) إلي الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z):

$$X = (c + h) \cos \phi \cos \lambda$$
$$Y = (c + h) \cos \phi \sin \lambda \quad (4\text{-}2)$$
$$Z = [\, h + c\,(1 - e^2)\,] \sin \phi$$

حيث c يسمي نصف قطر التكور radius of curvature ، e تسمي المركزية الأولي first eccentricity ويتم حسابهما كالتالي:

$$c = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \phi)}} \quad (4\text{-}3)$$

$$e = [\, \sqrt{(a^2 - b^2)}\,] / a \quad (4\text{-}4)$$

أما للتحويل من الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z) إلي الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) فأحد الحلول يتمثل في المعادلات التالية:

$$\tan \lambda = Y / X$$

$$\tan \phi = \frac{Z \,/\, \sqrt{(X^2 + Y^2)}}{1 - e^2 \,(c / (c + h))} \quad (4\text{-}5)$$

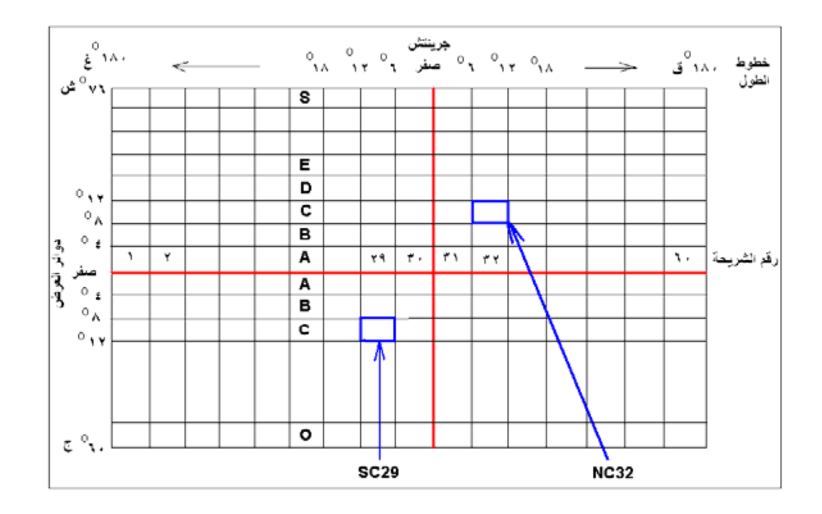
$$h = \frac{\sqrt{(X^2 + Y^2)}}{\cos \phi} - c$$

نلاحظ في هذه المعادلات أننا نحتاج لمعرفة قيمة c لكي نستطيع حساب قيمة ϕ و h ، لكن لنحسب قيمة c من المعادلة ٤-٣ فأننا نحتاج لمعرفة قيمة ϕ ! ولذلك يتم حساب هذا النوع من التحويل بطريقة تكرارية Iterative ، حيث نبدأ باستخدام قيمة تقريبية لدائرة العرض ϕ ونحسب قيمة تقريبية لنصف قطر التكور c ثم نأخذ قيمة c هذه لنحسب منها قيمة جديدة ϕ وهكذا لعدد من المرات إلي أن نجد عدم وجود أي فرق جوهري Significant بين قيمتين متتاليتين لدائرة العرض ϕ.

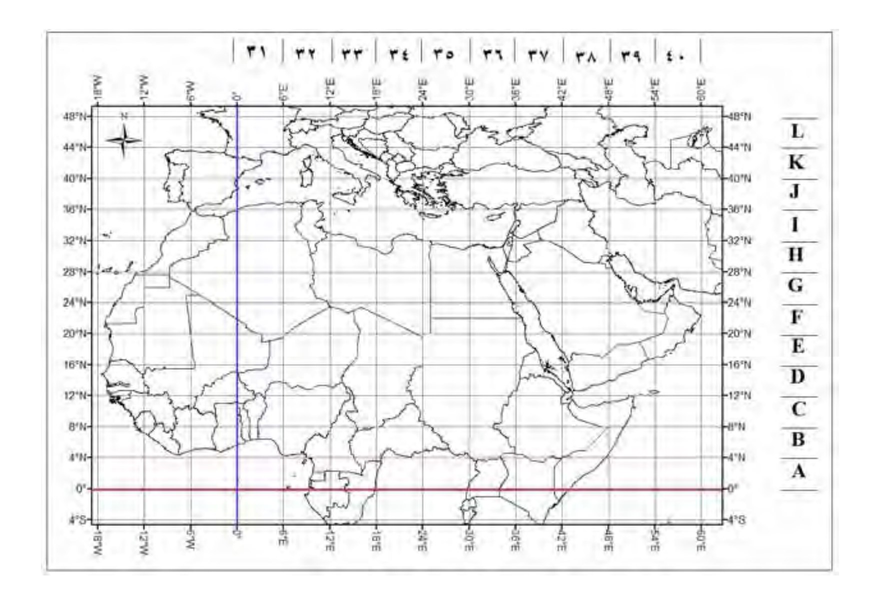
٤-٢-٥ نظام الخرائط المليونية

تعد الخرائط المليونية من أهم أنواع الخرائط (الفصل الثاني) التي تم الاتفاق علي مواصفاتها علي المستوي العالمي. يعتمد نظام ترقيم هذه الخرائط علي خطوط الطول و دوائر العرض لإعداد نظام ترقيم يغطي الأرض كلها:

- يتم تقسيم الأرض بدءا من خط طول ١٨٠ غربا إلي ٦٠ شريحة طولية يبلغ عرض كل شريحة ٦ درجات من خطوط الطول.
- يبدأ ترقيم الشرائح من رقم ١ ويزداد الرقم كلما اتجهنا ناحية الشرق.
- بذلك فأن الشريحة التي تنتهي عند خط طول جرينتش (خط طول صفر) يكون رقمها هو ٣٠ بينما أول شريحة شرق خط جرينتش يكون رقمها هو ٣١.
- أما في اتجاه القطبين فأن الشرائح العرضية يبلغ طول الشريحة الواحدة ٤ درجات من دوائر العرض.
- ترقم الشرائح العرضية بالحروف الانجليزية بدءا من الحرف A عند دائرة الاستواء ثم B ثم C وهكذا كلما اتجهنا ناحية القطب الشمالي.
- تأخذ الشرائح العرضية جنوب دائرة الاستواء نفس الحروف و بنفس الترتيب.
- تأخذ الشرائح شمال دائرة الاستواء الرمز N بينما تأخذ الشرائح الواقعة جنوب خط الاستواء الحرف S.
- كل مستطيل يحمل أسما محددا مكون من حرفين و رقم. مثلا: المستطيل (أو الشريحة) NH36 يقع شمال دائرة الاستواء (لأن أسمه يبدأ بالرمز N) في الشريحة الطولية رقم ٣٦ (أي شرق خط جرينتش) والشريحة العرضية H.
- كل شريحة (طولها ٦ درجات طول و عرضها ٤ درجات عرض) يتم رسمها في خريطة مليونية (بمقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠).



شكل (٤-١٠) نظام ترقيم الخرائط المليونية لكل العالم



شكل (٤-١١) ترقيم الخرائط المليونية في المنطقة العربية

مثال ١:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة القاهرة: خط الطول ١٥' ٣١° شرقا و دائرة العرض ٣' ٣٠° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:
خط الطول = (٦٠/١٥) + ٣١ = ٣١.٢٥ درجة
دائرة العرض = (٦٠/٣) + ٣٠ = ٣٠.٠٥ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤ (٤-٦)

= ٣٠.٠٥ ÷ ٤ = ٧.٥٢

أي أنه الحرف رقم ٨ (لأنه تجاوز الرقم ٧) وبالتالي فهو الحرف **H** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦ (٤-٧)

= ٣١.٢٥ ÷ ٦ = ٥.٢

أي أنها الشريحة رقم ٦ (لأنها تجاوزت الرقم ٥).

بما أن خط طول مدينة القاهرة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقم الشريحة = ٦ + ٣٠ = ٣٦

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NH36**

مثال ٢:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض الي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:
خط الطول = (٣٦٠٠/١٧) + (٦٠/١٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة
دائرة العرض = (٣٦٠٠/٥٥) + (٦٠/٢٩) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤
= ٢١.٤٩٩ ÷ ٤ = ٥.٤

أي أنه الحرف رقم ٦ (لأنه تجاوز الرقم ٥) وبالتالي فهو الحرف **E** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦
= ٣٩.١٧١ ÷ ٦ = ٦.٥

أي أنها الشريحة رقم ٧ (لأنها تجاوزت الرقم ٦).

بما أن خط طول مدينة جدة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقيم الشريحة = ٧ + ٣٠ = **٣٧**

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NE37**

مثال ٣:

حدد خطوط الطول و دوائر العرض للمنطقة الجغرافية التي تغطيها الخريطة المليونية **NH36**؟

١- الرمز **N** يدل علي أن هذه الشريحة تقع **شمال** دائرة الاستواء.

٢- الحرف **H** هو الحرف رقم **٨** في ترتيب الحروف الانجليزية:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2	3	4	5	6	7	8	9

وحيث أن طول الشريحة الواحدة = ٤ درجات عرض، فأن:

أقصي دائرة عرض للشريحة = **٨** × ٤° = ٣٢° شمالا

٣- بما أن طول الشريحة = ٤ درجات طول، فأن:

أقل دائرة عرض للشريحة = ٣٢° – ٤" = ٢٨" شمالا

٤- رقم الشريحة = ٣٦ أي أنها الشريحة رقم ٦ شرق خط جرينتش

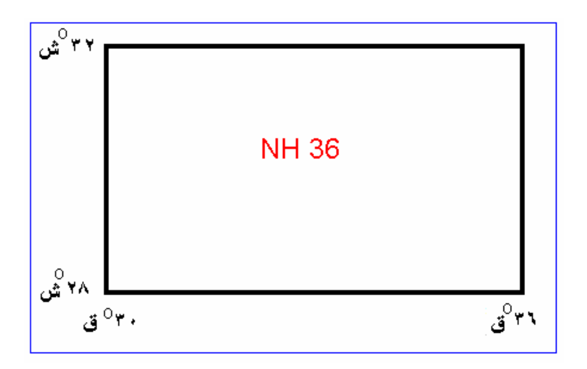
وحيث أن عرض الشريحة الواحدة = ٦ درجات طول، فأن:

أقصي خط طول للشريحة = ٦ × ٦° = ٣٦° شرقا

٥- بما أن طول الشريحة = ٦ درجات طول، فأن:

أقل خط طول للشريحة = ٣٦° - ٦° = ٣٠° شرقا

بذلك فأن الشريحة NH36 ستغطي المنطقة من خط طول ٣٠° شرقا إلي خط طول ٣٦° شرقا ومن دائرة عرض ٢٨° شمالا إلي دائرة عرض ٣٢° شمالا.



مثال ٤:

حدد أرقام الخرائط المليونية التي تغطي جمهورية مصر العربية؟

تمتد مصر تقريبا بين خطي طول ٢٥ و ٣٦ شرقا وبين دائرتي عرض ٢٢ و ٣١.٨ شمالا.

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٢٥ ÷ ٦ = ٤.٢ أي الشريحة ٥ شرق جرينتش

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٣٦ ÷ ٦ = ٦

بما أن مصر تقع شرق جرينتش، فأن:

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٥ + ٣٠ = ٣٥

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٦ + ٣٠ = ٣٦

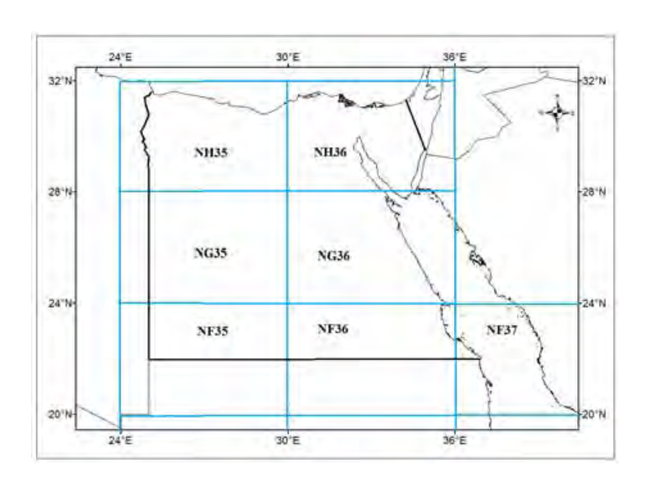
الشريحة العرضية للحدود الجنوبية لمصر = ٢٢ ÷ ٤ = ٥.٥ ، أي الشريحة ٦ وهي التي تقابل الحرف F (الحرف السادس من الحروف الانجليزية).

الشريحة العرضية للحدود الشمالية لمصر = ٣١.٨ ÷ ٤ = ٧.٩ ، أي الشريحة ٨ وهي التي تقابل الحرف H (الحرف الثامن من الحروف الانجليزية).
أي أن مصر ستقع في ثلاثة شرائح عرضية هي الشرائح السادسة و السابعة و الثامنة وهي ذات الحروف F و G و H.

إذن الخرائط المليونية التي تغطي مصر هي:

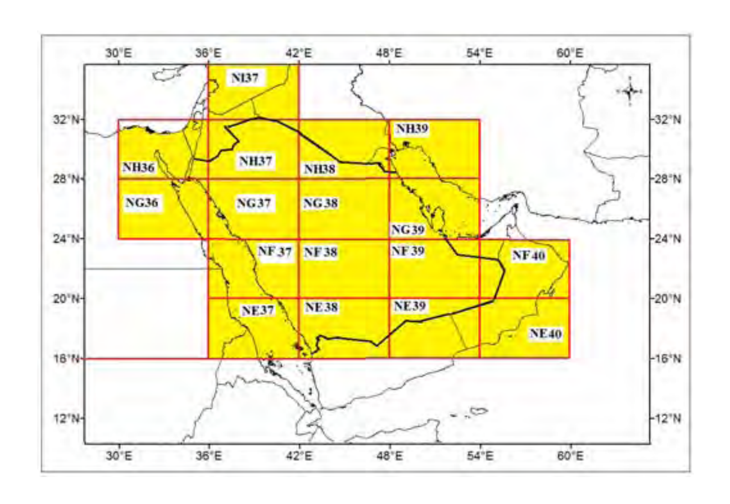
NF35, NG35, NH35, NF36, NG36, NH36

بينما يوجد جزء صغير جدا من الحدود المصرية الجنوبية الشرقية واقعا في الشريحة NF37 وهو الجزء الواقع شرق خط الطول ٣٦.



شكل (٤-١٢) ترقيم الخرائط المليونية في مصر

بنفس الطريقة يمكن استنتاج شرائح الخرائط المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية كما في الشكل التالي.

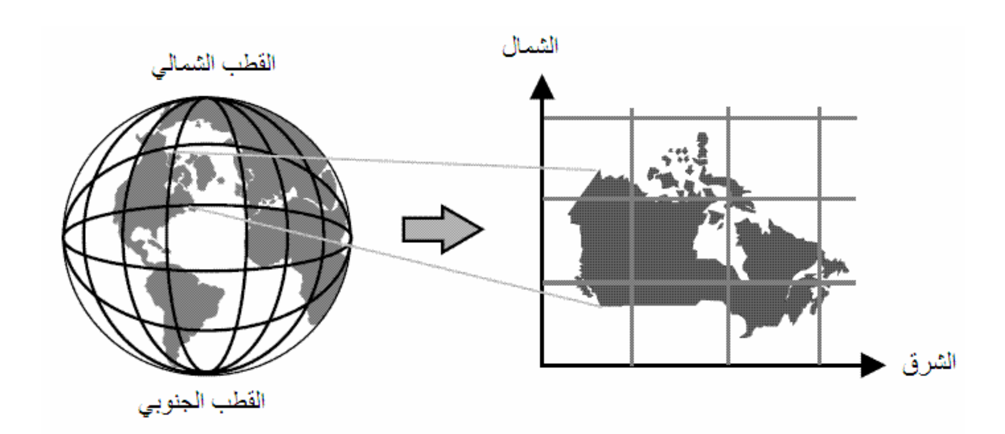


شكل (٤-١٣) ترقيم الخرائط المليونية في المملكة العربية السعودية

يمكن ملاحظة أن الشكل السابق يختلف عن الشكل (٢-٤٥) ويعود سببي هذا الاختلاف إلي: (١) أن المملكة العربية السعودية عند إنتاج خرائطها المليونية قد قررت أن تغطي الخريطة الواحدة منطقة جغرافية تمتد ٣ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض، بينما المواصفات العالمية للخرائط المليونية تحدد المنطقة الجغرافية للخريطة الواحدة بحيث تمتد ٦ درجات طول و ٤ درجات عرض. (٢) كما أن الحدود الشرقية لبدء رسم الخرائط المليونية السعودية بدأت من خط طول ٣٢ شرقا وليس ٣٠ شرقا كما في المواصفات العالمية. وبذلك فقد زاد عدد الخرائط المليونية التي تغطي المملكة من ١٧ إلي ٢٣ خريطة، وأيضا لم يتم استخدام أرقام الخرائط المليونية المتعارف عليها بل تم استخدام الأرقام من ١ إلي ٢٣ للخرائط المليونية السعودية.

٤-٣ إسقاط الخرائط

إسقاط الخرائط Map Projection هو العملية الرياضية التي تمكننا من تحويل الإحداثيات علي مجسم الأرض - سواء كان الشكل المرجعي الذي يمثل الأرض هو الكرة أو الاليبسويد- (أي إحداثيات ثلاثية الأبعاد) إلي إحداثيات ممثلة علي سطح مستوي وهو الخريطة (أي إحداثيات ثنائية الأبعاد أو إحداثيات شبكية Grid Coordinates). أو بمعني آخر: هو العملية التي تمكننا من تحويل قيم خط الطول و دائرة العرض لموقع إلي الاحداثي الشرقي و الاحداثي الشمالي المطلوبين لتوقيع هذا الموقع علي الخريطة (شكل ٤-١٣). ويسمي الشكل الناتج عن عملية الإسقاط بالمسقط.



شكل (٤-١٢) عملية إسقاط الخرائط

ولا يمكن بأي حال من الأحوال أن تتم عملية تحويل الشكل المجسم للأرض إلي شكل مستوي (خريطة) بصورة تامة ولكن سيكون هناك ما نسميه " التشوه Distortion" في أي طريقة من طرق إسقاط الخرائط. تحاول الطرق المختلفة لإسقاط الخرائط أن تحافظ علي واحدة أو أكثر من الخصائص التالية بين الهدف الحقيقي علي الأرض و صورته علي الخريطة(مرة أخري لا يمكن تحقيق كل الخصائص مجتمعة):

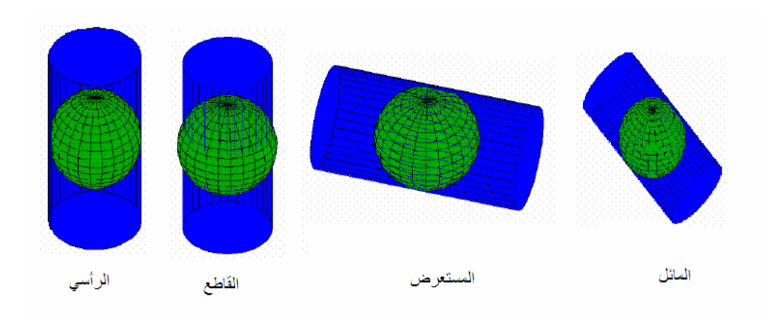
- تطابق في المساحات
- تطابق في المسافات
- تطابق في الاتجاهات
- تطابق في الزوايا
- تطابق في الأشكال

هناك بعض أنواع الإسقاط التي تحافظ علي المسافات وتسمي مساقط المسافات المتساوية Equidistance Projection وأنواع تحافظ علي الأشكال و الزوايا معا لكن في مساحات محدودة وتسمي مساقط التماثل Conformal Projection (وهي الأقرب للاستخدام في التطبيقات المساحية) وأنواع ثالثة تحافظ علي المساحات وتسمي مساقط المساحات المتساوية Equal-Area Projection.

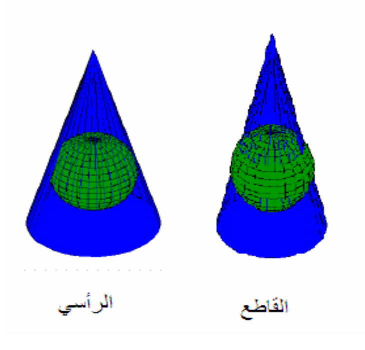
تنقسم مساقط الخرائط إلي ٤ مجموعات رئيسية:

أ- المساقط الاسطوانية Cylindrical Projections: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علي اسطوانة والتي أما تمس الأرض رأسيا أو تقطعها أو تمس الأرض عرضيا أو بصورة مائلة (شكل ٤-١١).
ب- المساقط المخروطية Conical; Projection: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علي مخروط والذي أما يمس الأرض رأسيا أو يقطعها (شكل ٤-١٢).
ت- المساقط السمتية أو المستوية أو الاتجاهية Azimuthal Projection: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علي مستوي والذي أما يمس الأرض رأسيا عند نقطة محددة أو يقطعها في دائرة (شكل ٤-١٣).
ث- مساقط أخري خاصة.

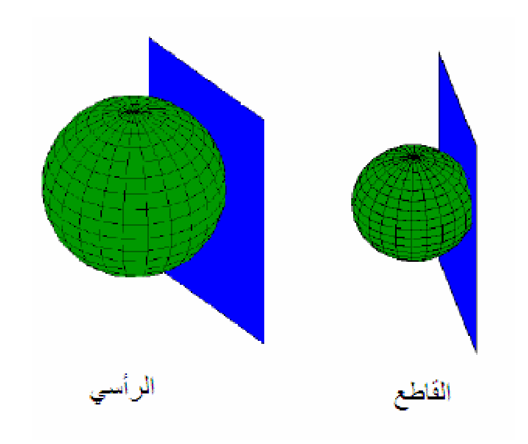
غالبا يلعب شكل المنطقة الجغرافية المطلوب إسقاطها دورا مهما في تحديد طريقة الإسقاط المناسبة ، فكمثال نختار طريقة إسقاط سمتيه إذا كانت شكل المنطقة شبه دائري و طريقة إسقاط اسطوانية للمناطق شبه المستطيلة و طريقة إسقاط مخروطية للمناطق شبه المثلثية.



شكل (٤-١٣) طرق الإسقاط الاسطواني



شكل (٤-١٤) طرق الإسقاط المخروطي

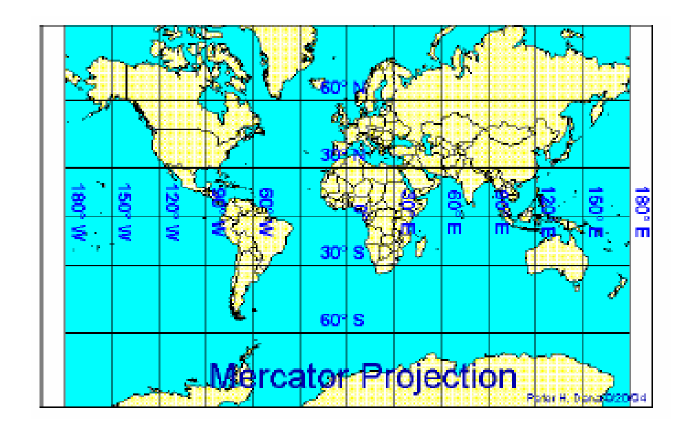


شكل (٤-١٥) طرق الإسقاط السمتي أو المستوي

وفي الجزء التالي سنستعرض بعض نماذج مساقط الخرائط الشهيرة:

<u>مسقط ميريكاتور Mercator Projection:</u>

مسقط أسطواني يحقق شرط أن خطوط الطول و دوائر العرض تتقاطع في زوايا قائمة تماما. يكون المقياس scale صحيحا عند دائرة الاستواء أو عند دائرتي عرض قياسيتين Standard Parallels علي مسافات متساوية من الاستواء. غالبا يستخدم هذا المسقط في الخرائط البحرية (شكل ٤-١٤).



شكل (٤-١٦) مسقط ميريكاتور

<u>مسقط ميريكاتور المستعرض Transverse Mercator Projection:</u>

ينتج هذا المسقط من إسقاط الأرض علي اسطوانة تمسها عند خط طول مركزي Central Meridian. وغالبا يستخدم هذا المسقط للمناطق التي تمتد في اتجاه شمال-جنوب أكبر من امتدادها في اتجاه شرق-غرب. يزداد التشوه (في المقياس و المسافة و المساحة) كلما ابتعدنا عن خط الطول المركزي ، ولذلك نلجأ إلي فكرة الشرائح عند استخدام هذا المسقط حيث يكون عرض الشريحة الواحدة – في اتجاه الشرق – ثلاثة أو أربعة درجات من خطوط الطول بحيث

لا يكون مقدار التشوه كبيرا عند أطراف الشريحة التي يقع خط طولها المركزي في منتصفها. مسقط ميريكاتور المستعرض مستخدم في خرائط الكثير من دول العالم مثل مصر و بريطانيا.

مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator Projection:

يعد أشهر أنواع مساقط الخرائط علي المستوي العالمي و يرمز له اختصارا بأحرف UTM. كما زادت أهميته في السنوات الأخيرة بسبب أنه أحد المساقط المستخدمة في أجهزة تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS.

- يعتمد مسقط UTM علي إيجاد طريقة لرسم خرائط العالم كله وذلك عن طريق تقسيم الأرض إلي ٦٠ شريحة zones كلا منها يغطي **٦ درجات** من خطوط الطول بحيث يكون لكل شريحة مسقط UTM له خط طول مركزي Central Meridian يقع في مركز هذه الشريحة.
- تمتد شرائح مسقط UTM من دائرة العرض ٨٠ جنوبا إلي دائرة العرض ٨٤ شمالا.
- ترقم الشرائح من رقم ١ إلي رقم ٦٠ بدءا من خط الطول ١٨٠^{o} غرب ، بحيث تمتد الشريحة الأولي من ١٨٠^{o} غرب إلي ١٧٤^{o} غرب ويكون خط طولها المركزي meridian central عند ١٧٧^{o} غرب.
- تقسم كل شريحة طولية إلي مربعات كل **٨ درجات** من دوائر العرض.
- يكون هناك حرف خاص – كاسم - لكل مربع من هذه المربعات ، وتبدأ الحروف من حرف **C** جنوبا إلي حرف X شمالا مع **استبعاد** حرفي I و O (لقرب الشبه بينهما وبين الأرقام الانجليزية!).

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

- يكون معامل المقياس scale factor مساويا ٠.٩٩٩٦ عند خط الطول المركزي ، بحيث مع ازدياد التشوه كلما بعدنا عن خط الطول المركزي فأن أقصي قيمة لمعامل القياس عند أطراف الشريحة ستكون ١.٠٠٠٩٧ عند خط الاستواء أو ١.٠٠٠٢٩ عند دائرة عرض ٤٥^{o} ش.

بمقارنة نظام UTM مع نظام الخرائط المليونية نجد أن:

- الشرائح الطولية واحدة في كلا النظامين سواء من حيث عرض الشريحة (٦ درجات من خطوط الطول) أو من حيث عدد الشرائح (٦٠ في كلاهما) أو من أسلوب ترقيم الشرائح.
- يختلف النظامين في الشرائح العرضية في نقطتين:

- عرض الشريحة: في نظام UTM يبلغ عرض الشريحة ٨ درجات من دوائر العرض بينما عرض الشريحة المليونية ٤ درجات فقط. أي أن كل شريحة UTM تحتوي شريحتين من الشرائح المليونية.
- ترقيم الشرائح: يبدأ الترقيم في الشرائح المليونية من عند دائرة الاستواء بالحرف A بينما بداية الترقيم في شرائح UTM من عند دائرة عرض ٨٠ جنوبا بالحرف C.
- في الشرائح المليونية يتم استخدام كافة الأحرف الانجليزية بالترتيب، بينما في شرائح UTM يتم استبعاد حرف O وحرف I.

لتحديد رقم شريحة UTM لأي موقع جغرافي:

$$\text{ترتيب الحرف} = \left(\frac{\text{دائرة العرض} + ٨٠}{٨} \right) + ١ \qquad (٤-٨)$$

المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شمال دائرة الاستواء، أما إن كان الموقع يقع جنوب خط الاستواء فيتم استخدام معادلة أخري هي:

ترتيب الحرف = (دائرة العرض - ٨٠) ÷ ٨

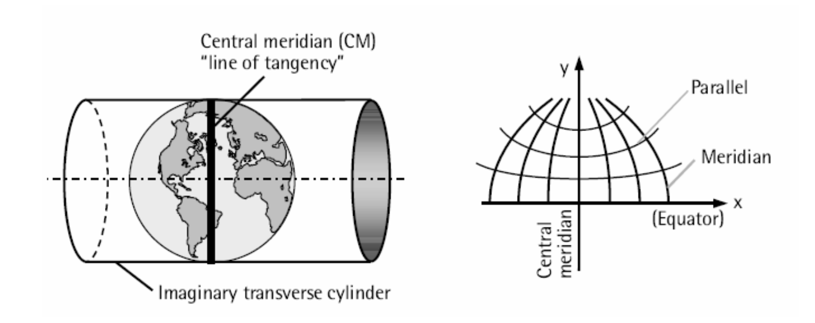
ولحساب رقم الشريحة:

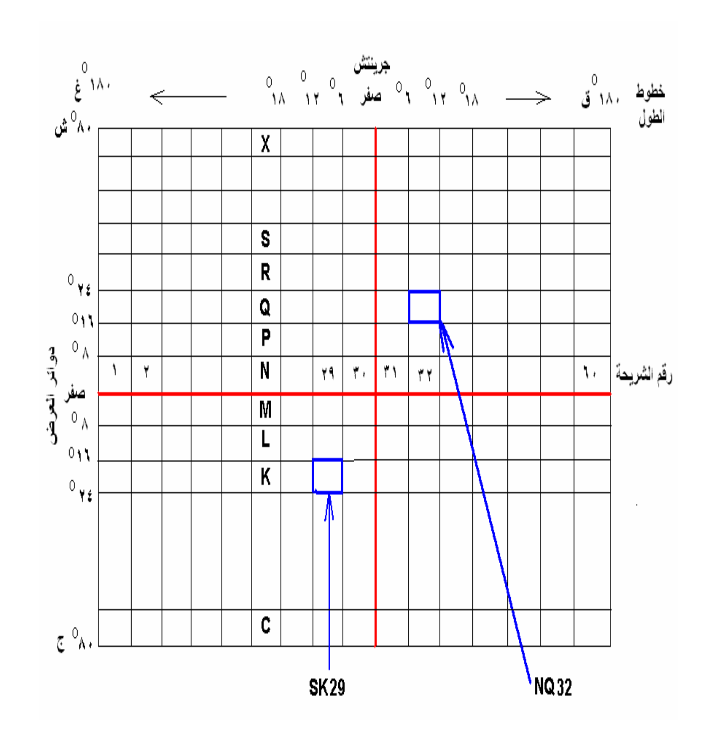
$$\text{رقم الشريحة} = \left(\frac{\text{خط الطول}}{٦} \right) + ٣١ \qquad (٤-٩)$$

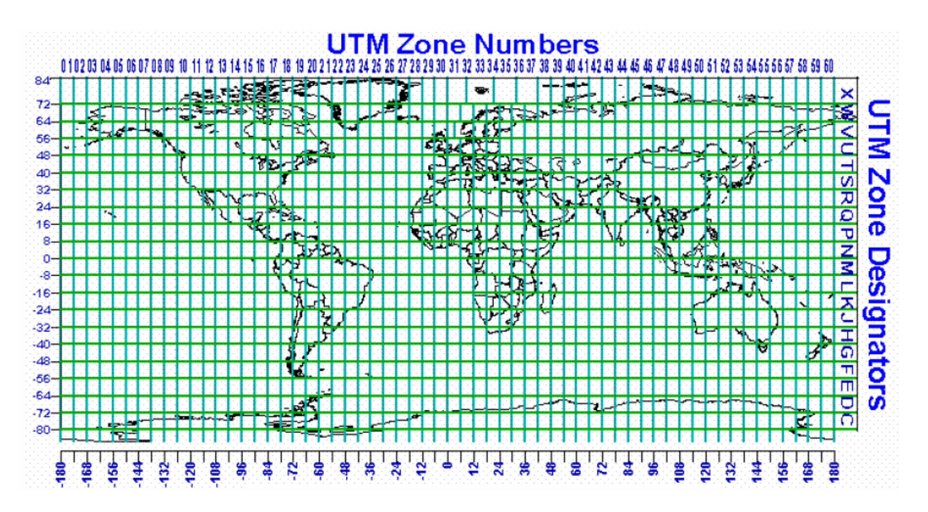
المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شرق جرينتش، أما إن كان الموقع يقع غرب جرينتش فيتم استخدام معادلة أخري هي:

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) - ٣٠

علي أن يتم في كلتا المعادلتين ٤-٨ و ٤-٩ أخذ الرقم الصحيح للناتج فقط ودون تقريب (بخلاف طريقة حساب الخرائط المليونية).







شكل (٤-١٥) مسقط ميريكاتور المستعرض

شكل (٤-١٦) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض للدول العربية

<u>مثال:</u>

حدد رقم شريحة UTM التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

<u>أولا:</u> نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (٣٦٠٠/١٧) + (٦٠/١٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة
دائرة العرض = (٣٦٠٠/٥٥) + (٦٠/٢٩) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

<u>ثانيا:</u> لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = ((دائرة العرض + ٨٠) ÷ ٨) + ١
= ((٢١.٤٩٩ + ٨٠) ÷ ٨) + ١
= (١٠١.٤٩٩ ÷ ٨) + ١
= ١٢.٧ + ١
= ١٣.٧

أي الحرف رقم ١٣ (مع إلغاء الكسر الناتج <u>خلافا</u> لطريقة الشرائح المليونية).

الحرف رقم ١٣ في الحروف الانجليزية (بدءا من حرف C مع استبعاد حرفي I, O) هو: **<u>Q</u>**

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

<u>ثالثا:</u> لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) + ٣١
= (٣٩.١٧١ ÷ ٦) + ٣١
= ٦.٥ + ٣١
= ٣٧.٥

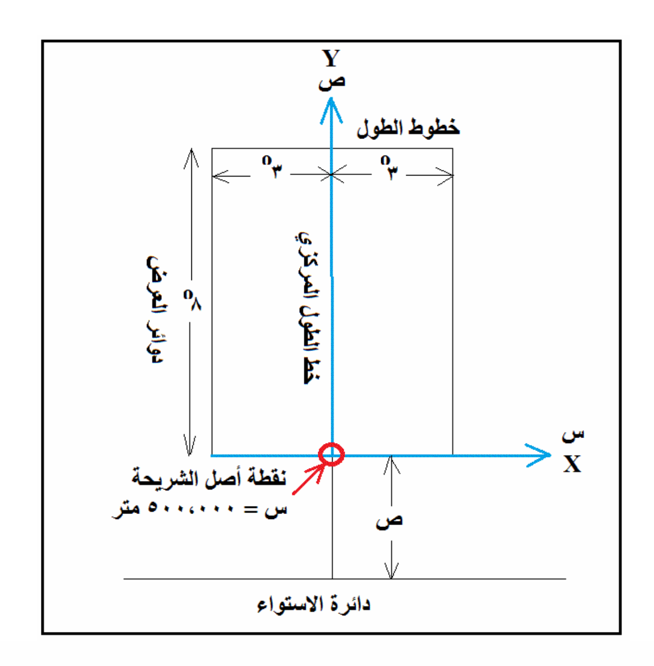
أي أنها الشريحة رقم **<u>٣٧</u>** (مع إلغاء الكسر الناتج <u>خلافا</u> لطريقة الشرائح المليونية).

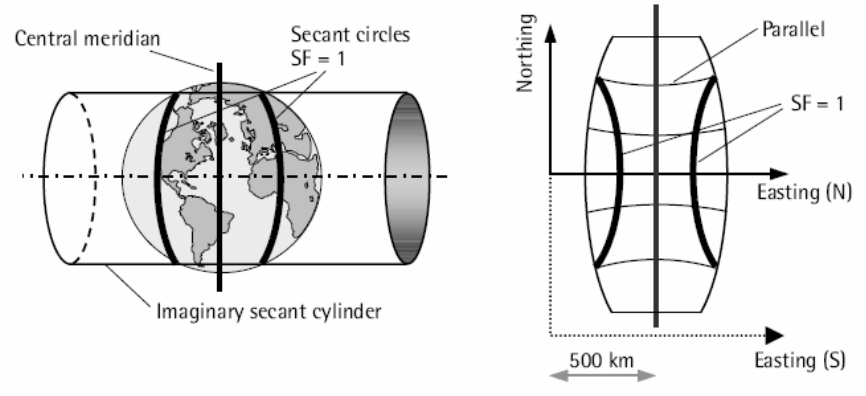
<u>إذن:</u>

رقم شريحة UTM لمدينة جدة هو : **<u>Q37</u>**

<u>يتكون نظام الإحداثيات المسقطة في UTM من:</u>

- نقطة الأصل (صفر ، صفر) للشريحة تقع في تقاطع خط الطول المركزي للشريحة مع دائرة الاستواء.
- الاحداثي السيني X في اتجاه الشرق.
- الاحداثي الصادي Y في اتجاه الشمال.
- تعطي قيمة إحداثيات شرقية زائفة False Easting لنقطة الأصل بقيمة ٥٠٠،٠٠٠ متر (لذلك فأن الاحداثي السيني لا يزيد عن ٦ خانات).
- لا تعطي أي قيمة إحداثيات شمالية زائفة False Easting لنقطة الأصل، أي أن قيمة الصفر في اتجاه الشمال تكون بالفعل عند دائرة الاستواء (وبذلك فأن الاحداثي الصادي قد يصل إلي ٧ خانات).





شكل (٤-١٧) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي

<u>**لا يمكن**</u> ضم شريحتين من شرائح UTM في خريطة واحدة (أو في ملف رقمي واحد) والسبب في ذلك أن نقطة أصل كل شريحة تأخذ الاحداثي السيني المفروض وهو ٥٠٠،٠٠٠ متر، مما سيجعل الإحداثيات الشرقية X للمعالم (المختلفة) علي كلا الخريطتين تتكرر في كلا الشريحتين.

تتكون معادلات التحويل من الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض) إلي الإحداثيات المترية بنظام UTM من عدة معادلات ليست بسيطة ولا يمكن حسابها بآلة حاسبة بل تحتاج لبرنامج كمبيوتر لإتمامها. الشكل التالي يقدم هذه المعادلات بصورة شاملة دون الدخول في تفاصيلها الكاملة.

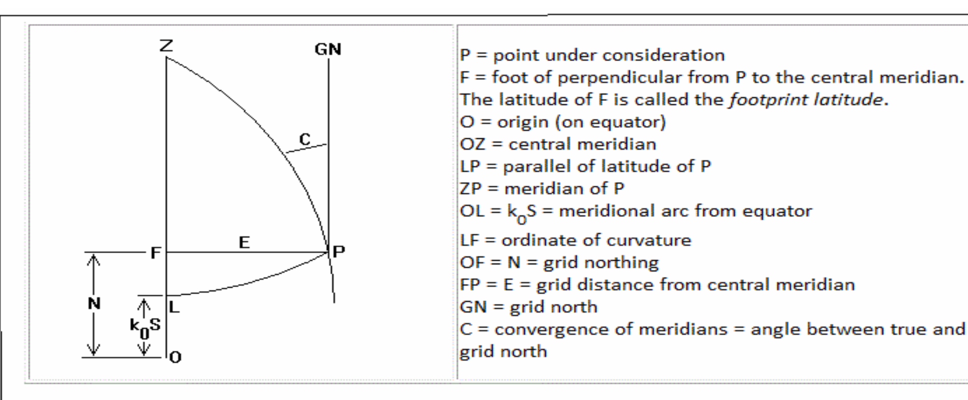
تجدر الإشارة لوجود بعض المواقع علي شبكة الانترنت التي تقدم خدمات آنية on-line لإجراء هذه الحسابات و تحويل الإحداثيات، ومنهم علي سبيل المثال:

http://www.rcn.montana.edu/resources/tools/coordinates.aspx

http://gis.dep.wv.gov/convert/llutm_conus.php

http://www.geod.nrcan.gc.ca/tools-outils/tools_info_e.php?apps=gsrug

http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html



Symbols

- lat = latitude of point
- long = longitude of point
- $long_0$ = central meridian of zone
- k_0 = scale along $long_0$ = 0.9996. Even though it's a constant, we retain it as a separate symbol to keep the numerical coefficients simpler, also to allow for systems that might use a different Mercator projection.
- e = SQRT($1-b^2/a^2$) = .08 approximately. This is the eccentricity of the earth's elliptical cross-section.
- $e'^2 = (ea/b)^2 = e^2/(1-e^2)$ = .007 approximately. The quantity e' only occurs in even powers so it need only be calculated as e'^2.
- n = (a-b)/(a+b)
- rho = $a(1-e^2)/(1-e^2\sin^2(lat))^{3/2}$. This is the radius of curvature of the earth in the meridian plane.
- nu = $a/(1-e^2\sin^2(lat))^{1/2}$. This is the radius of curvature of the earth perpendicular to the meridian plane. It is also the distance from the point in question to the polar axis, measured perpendicular to the earth's surface.
- p = ($long-long_0$) **in radians** (This differs from the treatment in the Army reference)

Calculate the Meridional Arc

S is the meridional arc through the point in question (the distance along the earth's surface from the equator). All angles are in radians.

- S = A'lat - B'sin(2lat) + C'sin(4lat) - D'sin(6lat) + E'sin(8lat), where lat is in radians and
- $A' = a[1 - n + (5/4)(n^2 - n^3) + (81/64)(n^4 - n^5)$ ...]
- $B' = (3\tan S/2)[1 - n + (7/8)(n^2 - n^3) + (55/64)(n^4 - n^5)$ ...]
- $C' = (15\tan^2 S/16)[1 - n + (3/4)(n^2 - n^3)$ ...]
- $D' = (35\tan^3 S/48)[1 - n + (11/16)(n^2 - n^3)$ ...]
- $E' = (315\tan^4 S/512)[1 - n$ ...]

The USGS gives this form, which may be more appealing to some. (They use M where the Army uses S)

- $M = a[(1 - e^2/4 - 3e^4/64 - 5e^6/256$ ....)lat
  $- (3e^2/8 + 3e^4/32 + 45e^6/1024$...)sin(2lat)
  $+ (15e^4/256 + 45e^6/1024 +$ ....)sin(4lat)
  $- (35e^6/3072 +$ ....) sin(6lat) + ...)] where lat is in radians

This is the hard part. Calculating the arc length of an ellipse involves functions called *elliptic integrals*, which don't reduce to neat closed formulas. So they have to be represented as series.

Converting Latitude and Longitude to UTM

All angles are in radians.

y = northing = $K1 + K2p^2 + K3p^4$, where

- $K1 = Sk_0$,
- $K2 = k_0$ nu sin(lat)cos(lat)/2 = k_0 nu sin(2 lat)/4
- $K3 = [k_0$ nu $\sin(lat)\cos^3(lat)/24][(5 - \tan^2(lat) + 9e'^2\cos^2(lat) + 4e'^4\cos^4(lat)]$

x = easting = $K4p + K5p^3$, where

- $K4 = k_0$ nu cos(lat)

شكل (٤-١٨) معادلات تحويل الإحداثيات من نظام UTM إلي النظام الجغرافي

(المرجع: http://www.uwgb.edu/dutchs/usefuldata/utmformulas.htm)

Converting UTM to Latitude and Longitude

In response to innumerable e-mails, you *cannot* use UTM grid coordinates without knowing your zone. There are sixty points on the earth's surface that have the same numerical UTM coordinates, 120 if you consider that northing is duplicated in both hemispheres.

y = northing, x = easting (relative to central meridian; subtract 500,000 from conventional UTM coordinate).

Calculate the Meridional Arc

This is easy: $M = y/k_0$.

Calculate Footprint Latitude

- $mu = M/[a(1 - e^2/4 - 3e^4/64 - 5e^6/256...)$
- $e_1 = [1 - (1 - e^2)^{1/2}]/[1 + (1 - e^2)^{1/2}]$

footprint latitude fp = mu + J1sin(2mu) + J2sin(4mu) + J3sin(6mu) + J4sin(8mu), where:

- $J1 = (3e_1/2 - 27e_1^3/32 ..)$
- $J2 = (21e_1^2/16 - 55e_1^4/32 ..)$
- $J3 = (151e_1^3/96 ..)$
- $J4 = (1097e_1^4/512 ..)$

Calculate Latitude and Longitude

- $e'^2 = (ea/b)^2 = e^2/(1-e^2)$
- $C1 = e'^2\cos^2(fp)$
- $T1 = \tan^2(fp)$
- $R1 = a(1-e^2)/(1-e^2\sin^2(fp))^{3/2}$. This is the same as rho in the forward conversion formulas above, but calculated for fp instead of lat.
- $N1 = a/(1-e^2\sin^2(fp))^{1/2}$. This is the same as nu in the forward conversion formulas above, but calculated for fp instead of lat.
- $D = x/(N1k_0)$

lat = fp - Q1(Q2 - Q3 + Q4), where:

- $Q1 = N1 \tan(fp)/R1$
- $Q2 = (D^2/2)$
- $Q3 = (5 + 3T1 + 10C1 - 4C1^2 - 9e'^2)D^4/24$
- $Q4 = (61 + 90T1 + 298C1 + 45T1^2 - 3C1^2 - 252e'^2)D^6/720$

long = long0 + (Q5 - Q6 + Q7)/cos(fp), where:

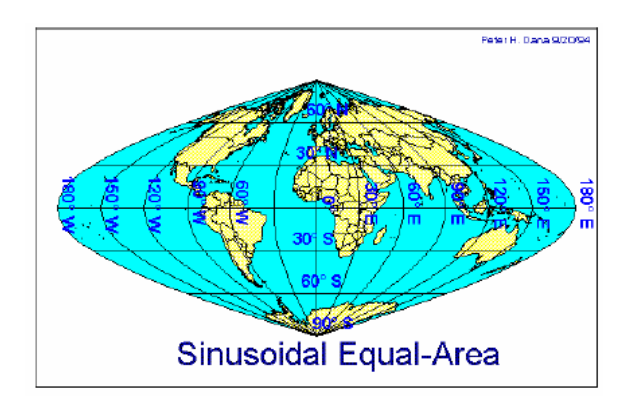
- $Q5 = D$
- $Q6 = (1 + 2T1 + C1)D^3/6$
- $Q7 = (5 - 2C1 + 28T1 - 3C1^2 + 8e'^2 + 24T1^2)D^5/120$

شكل (٤-١٩) معادلات تحويل الإحداثيات من النظام الجغرافي إلي نظام UTM

(المرجع: http://www.uwgb.edu/dutchs/usefuldata/utmformulas.htm)

<u>مسقط ساينسويدال متساوي المساحات Sinusoidal Equal-Area Projection :</u>

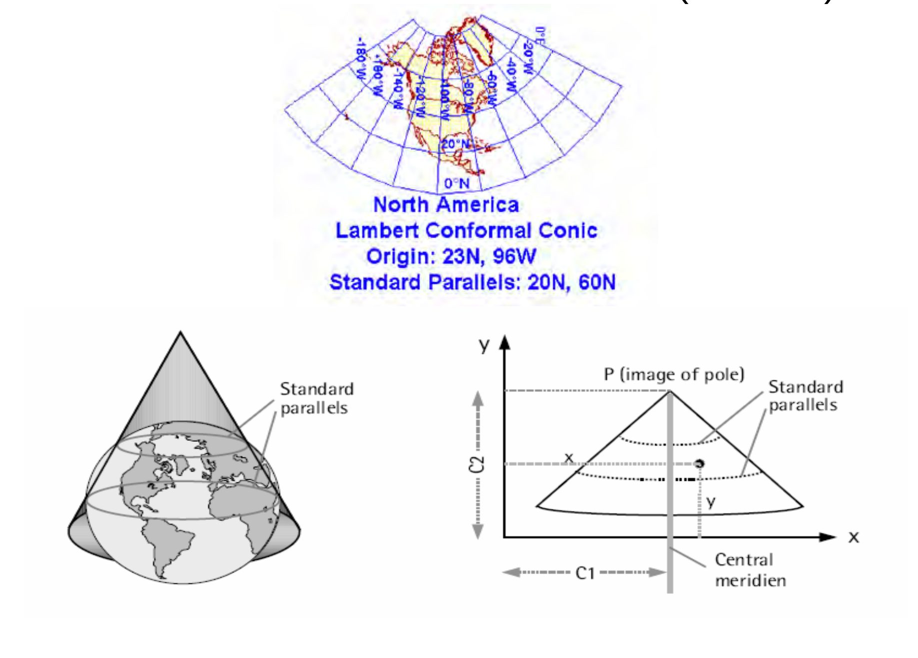
في هذا المسقط الذي يحافظ علي المساحات تتعامد دوائر العرض علي خط الطول المركزي فقط ، بينما مع باقي خطوط الطول فأن دوائر العرض تكون مقوسة بما يشبه منحني جيب الزاوية sin curves (من هنا جاء اسم هذا المسقط: المسقط الجيبي). ويكون مقياس الرسم صحيحا فقط عند خط الطول المركزي و دوائر العرض ، ويستخدم هذا المسقط (شكل ٤-١٧) للمناطق التي تمتد باتجاه شمال-جنوب.



شكل (٤-١٨) مسقط ساينسويدال متساوي المساحات

<u>مسقط لامبرت المخروطي المتماثل Lambert Conformal Conic Projection:</u>

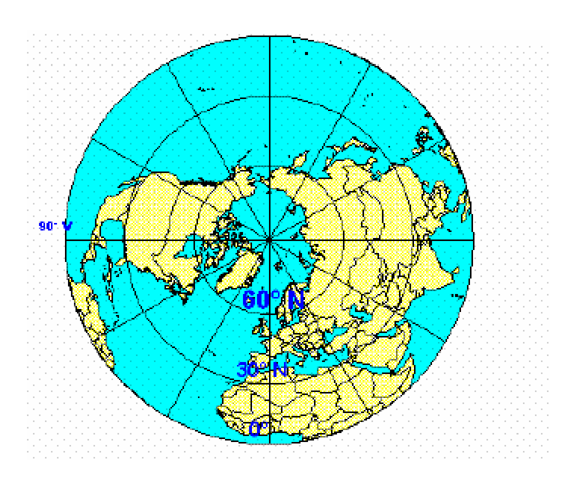
يستخدم هذا المسقط المخروط (وليس الاسطوانة مثل المساقط السابقة) وفيه تكون المساحات و الأشكال متماثلة عند دائرتي العرض القياسيتين Standard Parallels ويزداد التشوه كلما ابتعدنا عنهما ، كما تكون الاتجاهات صحيحة في مناطق محدودة. وهذا المسقط مستخدم في أمريكا الشمالية (شكل ٤-١٨).



شكل (٤-١٩) مسقط لامبرت المخروطي المتماثل

مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات Lambert Azimuthal Equal-Area Projection:

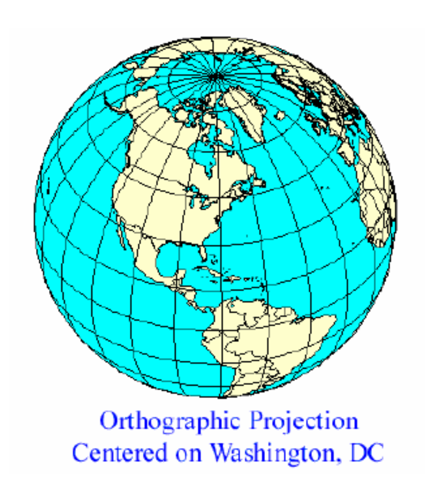
يستخدم هذا المسقط المستوي (وليس الاسطوانة أو المخروط) غالبا لرسم مناطق واسعة من المحيطات. وفيه يكون خط الطول المركزي خطا مستقيما بينما تكون باقي خطوط الطول منحنية (شكل ٤-١٩).



شكل (٤-٢٠) مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات

المسقط الارثوجرافي أو المتعامد Orthographic Projection:

مسقط سمتي أيضا (أي يستخدم المستوي في الإسقاط) يستخدم غالبا لإظهار صورة عامة أو منظور لنصف الكرة الأرضية (شكل ٤-٢٠). وبه يوجد تشوه لكلا من المساحات و الأشكال وتكون المسافات صحيحة علي دائرة الاستواء ودوائر العرض الأخرى.



شكل (٤-٢١) المسقط المتعامد أو الارثوجرافي

٤-٤ بعض نظم الإحداثيات المستوية أو المسقطة

الإحداثيات المسقطة Projected Coordinates هي الإحداثيات المستوية ثنائية الأبعاد 2D الناشئة عن تطبيق احدي طرق إسقاط الخرائط ، أي هي إحداثيات أي نقطة علي الخريطة وليس علي سطح الأرض. وغالبا يرمز لها بالاحداثي الشرقي Easting أو اختصارا E و الاحداثي الشمالي Northing أو اختصارا N (البعض يقع في غلطة و يستخدم الرمزين x, y الذين أصبح استخدامهما متعارفا عليه بصورة شائعة للدلالة علي الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية X, Y, Z). وحيث أن طرق إسقاط الخرائط متعددة بصورة كبيرة جدا فسنستعرض هنا مثاليين فقط لنظم إحداثيات مسقطة للتعرف علي كيفية التعامل مع هذه النظم و العناصر المطلوب معرفتها في كل نظام منهما. والمثاليين هما نظام الإحداثيات المصرية كأحد نظم الإحداثيات الوطنية لدولة عربية ، ونظام UTM العالمي المستخدم أيضا في بعض البلاد العربية مثل المملكة العربية السعودية.

٤-٤-١ نظم الإحداثيات المصرية

(أ) نظام الإحداثيات المصرية ETM

نظام إحداثيات الخرائط المصرية Egyptian Transverse Mercator أو اختصارا ETM هو نظام إسقاط ميريكاتور مستعرض. وحتى يمكن تقليل التشوه في الخرائط فقد تم تقسيم جمهورية مصر العربية إلي أربعة مناطق أو شرائح Zones وتسمي عاده باسم أحزمة Belts (٣ أحزمة). في هذا النظام تم اعتماد المرجع الجيوديسي Geodetic Datum المستخدم في خرائط الهيئة المصرية العامة للمساحة هو اليبسويد هلمرت ١٩٠٦ Helmert 1906 (شكل ٤-٢١).

توجد عدة عناصر يجب تعريفها لكل شريحة من شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض ، وهذه العناصر تختلف قيمها من دولة لأخرى حتى لو استخدمت الدولتان نفس المسقط. هذه العناصر الخمسة (تسمي معاملات الإسقاط Projection Parameters) تشمل:

- موقع نقطة الأصل للإسقاط Origin والذي يحدد من خلال قيمتين: خط الطول المركزي Central Meridian ودائرة العرض القياسية Standard Parallel.
- لتفادي وجود إحداثيات سالبة (غير مستحبة في الخرائط) فيتم إعطاء قيم إحداثيات مفترضة أو زائفة لنقطة الأصل بدلا من إعطائها الإحداثيات صفر شرقا و صفر شمالا، وذلك عن طريق تحديد عنصرين آخرين هما: الاحداثي الشرقي الزائف False Easting والاحداثي الشمالي الزائف False Northing.
- العنصر الخامس - من معاملات الإسقاط - المطلوب تحديده هو قيمة معامل مقياس الرسم عند خط الطول المركزي.

إن معادلات حساب الإحداثيات المسقطة ذاتها (أي معادلات تحويل الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية إلي إحداثيات الخريطة) معروفة للجميع وأصبحت مبرمجه داخل كل برامج الحاسب الآلي software الخاصة بتطبيقات المساحة و الخرائط و نظم المعلومات الجغرافية. إلا أن المهم في حالة استخدام أي برنامج هو تحديد معاملات الإسقاط الخمسة المطلوبة لهذا النوع من الإسقاط ، فربما نجد بعض البرامج لا تحتوي داخل قواعد بياناتها إسقاط خاص بدولة معينة

لكنها تسمح بإنشاء مسقط جديد داخل البرنامج إذا حددنا قيم عناصره الخمسة. بمعني آخر: من الممكن أن نجد برنامج كمبيوتر لا يحتوي علي نظام الإسقاط المصري لكنه يسمح بإنشاء مسقط من نوع ميريكاتور المستعرض إذا قمنا بتحديد قيم العناصر الخمسة المستخدمة في الخرائط المصرية. وتجدر الإشارة إلي أن عناصر الإسقاط لأي دولة لا يمكن استنباطها أو محاولة حسابها لان هذه العناصر افتراضية ومن اختيار الجهة المسئولة عن الخرائط في هذه الدولة ، لأن وللأسف الشديد ما زالت بعض الدول العربية تعتبر قيم عناصر الإسقاط لها من الأسرار التي لا يجوز نشرها!. تجدر الإشارة إلي أنه في بعض برامج الكمبيوتر software يسمي هذا النظام Old Egyptian Datum 1907 أو اختصارا باسم OED 1907. يتميز هذا النظام بقيم عناصر الإسقاط تخص مصر. وتتغير قيم هذه العناصر مع كل حزام (منطقة) من الخرائط المصرية كالآتي:

١- الحزام الأحمر Red Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الوسطي من مصر (وادي النيل) وذلك من خط طول ٢٩ شرقا إلي خط طول ٣٣ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 615 000 m
الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 810 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

Latitude = 30° 0' 0" دائرة العرض

Longitude = 31° 0' 0" خط الطول

Scale on central Meridian = 1.00 معامل مقياس الرسم

Zone width = 4° 0' 0" عرض المنطقة

٢- الحزام الأزرق Blue Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الشرقية من مصر وذلك من خط طول ٣٣ شرقا إلي خط طول ٣٧ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 300 000 m الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 110 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

Latitude = 30° 0' 0" دائرة العرض

Longitude = 35° 0' 0" خط الطول

Scale on central Meridian = 1.00 معامل مقياس الرسم

Zone width = 4° 0' 0" عرض المنطقة

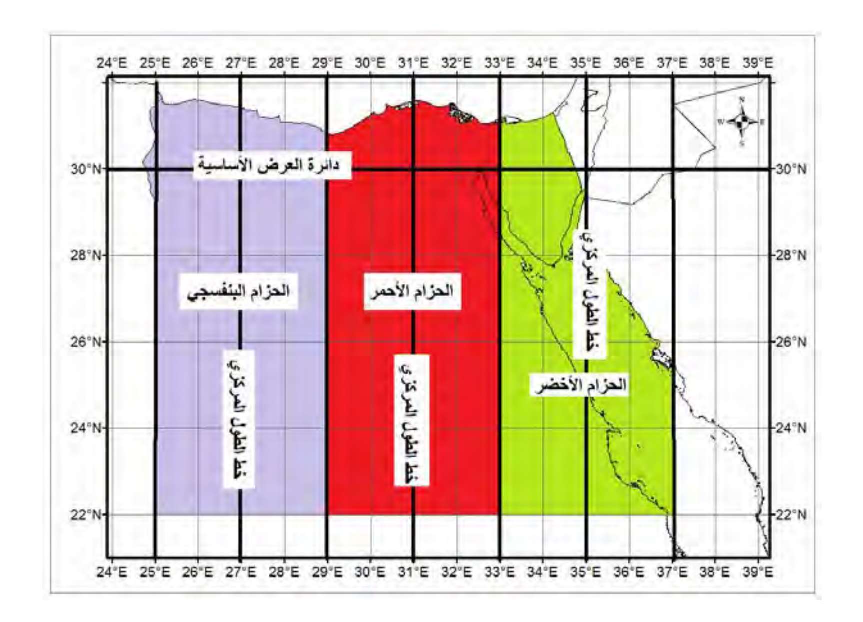
٣- الحزام البنفسجي Purple Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الغربية في مصر وذلك من خط طول ٢٥ شرقا إلي خط طول ٢٩ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 700 000 m الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 200 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

دائرة العرض	Latitude = 30° 0' 0"
خط الطول	Longitude = 27° 0' 0"
معامل مقياس الرسم	Scale on central Meridian = 1.00
عرض المنطقة	Zone width = 4° 0' 0"



شكل (٤-٢٢) شرائح نظام الإسقاط المصري ETM

تجدر الإشارة إلي وجود شريحة رابعة ثانوية تسمي امتداد الحزام الأحمر Extended Red Belt تغطي المنطقة جنوب مدينة أسوان. أتضح أن قيمة الاحداثي الشمالي المفترض (٨١٠ كيلومتر) لشريحة الحزام الأحمر سيتسبب في وجود إحداثيات شمالية سالبة في هذه المنطقة الجنوبية من الأراضي المصرية (أعتقد أنه لم يكن متخيلا منذ مائة عام أن تتم أي مشروعات مساحية أو إنتاج خرائط لهذه المنطقة أقصي جنوب مصر ولذلك تم اختيار قيمة ٨١٠ كيلومتر و هي تقريبا المسافة من القاهرة إلي أسوان!). وفي هذه الشريحة الرابعة يتم تغيير قيمة الاحداثي الشمالي المفترض من ٨١٠،٠٠٠ متر إلي ١,٠٠٠،٠٠٠ متر.

(ب) نظام الإحداثيات المصرية المطورة MTM

نظرا لانتشار استخدام تقنية GPS في الأعمال المساحية في مصر فقد أعلنت الهيئة المصرية العامة للمساحة منذ عدة أعوام عن تطوير نظام جديد للإحداثيات المستخدمة في الخرائط المصرية وعرف هذا النظام باسم: نظام ميريكاتور المستعرض المعدل Modified Transverse Macerator أو اختصارا باسم MTM (نفس النظام مطبق في بعض أجزاء من كندا أيضا). لم يتم التحول لهذا النظام بصورة رسمية بعد ، إلا أن خرائط بعض المشروعات الجديدة قد تم تطويرها اعتمادا عليه. وسيعتمد نظام MTM علي المرجع الجيوديسي أو الييسويد WGS84 وليس الييسويد هلمرت ١٩٠٦ كالنظام السابق.

مثل النظام السابق سيكون نظام MTM مستخدما لنوع إسقاط الخرائط من نوع ميريكاتور المستعرض ، لكن سيتم تقسيم مصر إلي ٥ شرائح (وليس ٣ فقط في النظام السابق) لتقليل قيمة التشوه إلي أقل ما يمكن للوصول لدقة عالية للخرائط.

توجد عدة عناصر مشتركة بين الشرائح الخمسة كالآتي:

الاحداثي الشرقي المفترض	False Easting = 300 000 m
الاحداثي الشمالي المفترض	False Northing = 0 m
دائرة العرض	Latitude = 0^o 0' 0"
معامل مقياس الرسم	Scale on central Meridian = 0.9999
عرض المنطقة	Zone width = 3^o 0' 0"

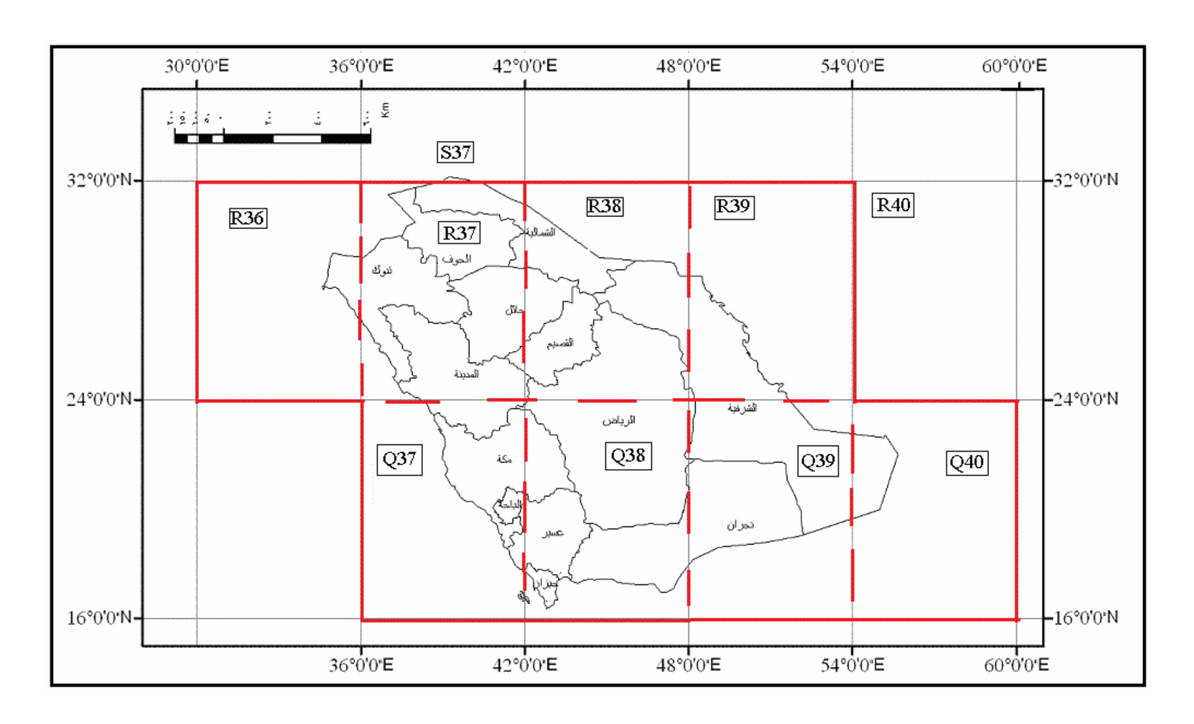
والقيمة الوحيدة التي تتغير من شريحة لآخري هي خط الطول كالآتي:

الشريحة رقم ١	Longitude = 25^o 30' 0"
الشريحة رقم ٢	Longitude = 28^o 30' 0"
الشريحة رقم ٣	Longitude = 31^o 30' 0"
الشريحة رقم ٤	Longitude = 34^o 30' 0"
الشريحة رقم ٥	Longitude = 37^o 30' 0"

٤-٤-٢ نظم إحداثيات UTM في المملكة العربية السعودية

إضافة لما سبق ذكره في الأجزاء السابقة عن خصائص مسقط UTM فنضيف أيضا أنه لعدم وجود أي إحداثيات سالبة (الوضع غير المستحب في المساحة و الخرائط) فقد تم الأخذ بمبدأ المركز الزائف أو المفترض False Origin. في كل شريحة من شرائح مسقط UTM تقاس الإحداثيات الشرقية من خط الطول المركزي والذي يعطي له إحداثيات شرقية زائفة تساوي ٥٠٠ كيلومتر ، بينما تقاس الإحداثيات الشمالية مباشرة من دائرة الاستواء. وهذا الوضع يجعل من المهم جدا في أي خريطة UTM أن نعرف رقم الشريحة التي تعتمد عليها إحداثيات هذه الخريطة (حيث أن قيم الإحداثيات الشرقية ستتكرر من خريطة لآخري تقع معها علي نفس الامتداد من خطوط الطول).

تعد المملكة العربية السعودية من الدول التي تعتمد في خرائطها علي نظام UTM ، وقد اعتمدت الاليبسويد العالمي لعام ١٩٢٤ International Ellipsoid 1924 (حيث نصف المحور الأكبر = ٦٣٧٨٣٨٨ متر و التفلطح 1/f = ٢٩٧) كسطح مرجعي في مرجعها الجيوديسي الوطني المسمي عين العبد ١٩٧٠. وفي معظم برامج الكمبيوتر فمن الممكن الاكتفاء بتحديد رقم الشريحة (لمنطقة معينة) ويقوم البرنامج باستخدام معاملات و معادلات تحويل مسقط UTM المناسبة لهذه المنطقة ليتم تحويل الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية إلي الإحداثيات المسقطة أو المستوية ، ويقدم شكل (٤-٢٢) أرقام الشرائح التي تغطي المناطق الإدارية للمملكة.

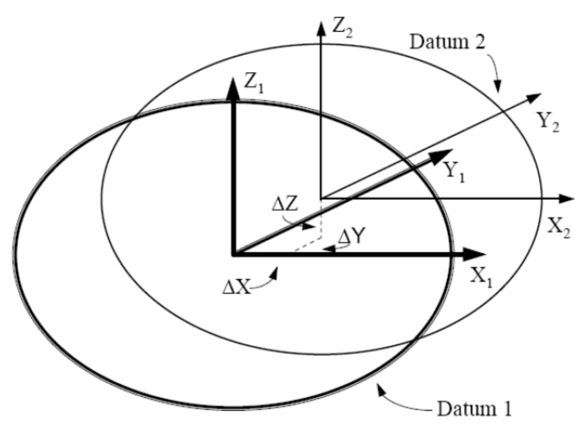


شكل (٤-٢٣) شرائح مسقط UTM للمملكة العربية السعودية

٤-٥ التحويل بين المراجع الجيوديسية

إن تحويل الإحداثيات بين المراجع الجيوديسية المختلفة أصبح حلقة مهمة من حلقات العمل الجيوديسي في الآونة الأخيرة. فمع ازدياد التعاون التنموي و المشروعات المشتركة بين الدول المتجاورة ومع اختلاف المرجع الجيوديسي المستخدم في خرائط و قاعدة البيانات الجيوديسية لكل دولة ، أصبح لزاما توحيد الإحداثيات و الخرائط في مناطق الحدود ليمكن تنفيذ هذه المشروعات المدنية (مثل مد خطوط الكهرباء أو أنابيب نقل البترول أو إقامة الطرق). أيضا ومع انتشار تطبيقات التقنيات المساحية الحديثة (مثل الجي بي أس) ازدادت أهمية عملية التحويل بين المراجع. فكمثال: تعطي تقنية الجي بي أس إحداثيات النقاط المرصودة علي المجسم العالمي أو الييسويد WGS84 فإذا أردنا توقيع هذه المواقع المرفوعة علي خرائط احدي الدول (التي تعتمد علي الييسويد آخر أو مرجع جيوديسي محلي) فلا بد من تحويل هذه الإحداثيات من الييسويد WGS84 إلي هذا الاليبسويد المحلي ، وإلا فأننا سنرتكب أخطاء قد تصل إلي مئات الأمتار عند توقيع هذه الإحداثيات دون تحويلها. إن عملية التحويل (أي تحويل الإحداثيات) بين المراجع Datum Shift ليست جديدة في العمل الجيوديسي لكنها قد تمت دراستها منذ قرنين أو أكثر ، وقد تم ابتكار العديد من الحلول الرياضية لتنفيذها. وفي العقدين الأخيرين ظهرت طرق رياضية جديدة ربما تكون أكثر دقة من الطرق التقليدية القديمة.

لنبدأ بمثال توضيحي بسيط في حالة التحويل بين نظامي إحداثيات مختلفين لكنهما متوازيين. لاحظ أننا سنتعامل هنا مع نوع الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X,Y,Z) حيث أنها كإحداثيات طولية متعامدة ستكون أسهل من الإحداثيات الجغرافية (ϕ,λ,h).



شكل (٤-٢٤) التحويل بين مرجعين متوازيين

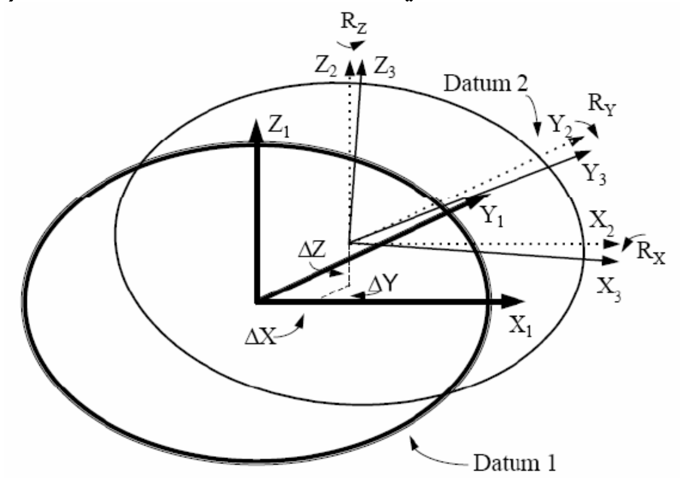
حيث أن محاور كلا نظامي الإحداثيات في كلا المرجعين متوازية فأن العلاقة بين المرجعين تتحدد بمعرفة موقع مركز المرجع الأول بالنسبة لموقع مركز المرجع الثاني ، أي تحديد فرق الإحداثيات بين موقع (أو إحداثيات) النقطة علي المرجع الأول وموقعها أو إحداثياتها علي المرجع الثاني. وهذا الفرق يتحدد من خلال ثلاثة مركبات ΔX, ΔY, ΔZ (ينطق الحرف اللاتيني Δ دلتا) والتي تسمي عناصر النقل Translation Parameters:

$$\Delta X = X2 - X1$$
$$\Delta Y = Y2 - Y1 \qquad (4\text{-}10)$$
$$\Delta Z = Z2 - Z1$$

فإذا علمنا إحداثيات نقطة واحدة علي المرجع الأول (X1,Y1,Z1) وإحداثياتها علي المرجع الثاني (X2,Y2,Z2) فيمكننا حساب فرق الإحداثيات باستخدام المعادلة السابقة. فإذا كان لدينا نقطة جديدة معلوم إحداثياتها علي المرجع الأول (X,Y,Z) فيمكن تحويلها إلي المرجع الثاني (X',Y',Z') بكل سهولة:

$$X' = X + \Delta X$$
$$Y' = Y + \Delta Y \qquad (4\text{-}11)$$
$$Z' = Z + \Delta Z$$

أي أن كل ما نحتاج إليه في هذه الحالة (الفرض بأن المرجعين متوازيي المحاور) هو معرفة إحداثيات نقطة واحدة علي الأقل في كلا النظامين. لكن الحالة العامة للعلاقة بين أي مرجعين أو الييسويدين أن وضعهما لن يكون متوازي المحاور، بل أن محاور أحدهما ستكون مائلة علي محاور الآخر. كما أن حجم الاليبسويد الأول ليس بالضرورة أن يكون مساويا لحجم الاليبسويد الثاني. وبالتالي فبدلا من وجود ثلاثة عناصر فقط مطلوب تحديدهم (ΔX, ΔY, ΔZ) كما في الحالة البسيطة السابقة فسينتج لدينا ٤ عناصر أخري: ثلاثة لتحديد فروق الميل بين المحاور الثلاثة في كل مرجع وتسمي عناصر الدوران Rotation Parameters ، بالإضافة لعنصر يحدد فرق الحجم بين كلا المرجعين ويسمي معامل القياس scale factor (شكل ٤-٢٤).



شكل (٤-٢٥) التحويل بين أي مرجعين

وكما نري في هذا الشكل سنجد أن العناصر الجديدة المطلوبة هي:

- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري X في كلا المرجعين ، ونرمز لها Rx
- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري Y في كلا المرجعين ، ونرمز لها Ry
- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري Z في كلا المرجعين ، ونرمز لها Rz
- بالإضافة للعنصر الرابع scale factor الذي يحدد فرق معامل القياس بين كلا المرجعين ونرمز له عادة بالرمز s.

أي أننا لتحديد العلاقة الفراغية (المكانية) بين أي مرجعين في الحالة العامة يلزمنا تحديد ٧ عناصر (ΔX, ΔY, ΔZ, Rx, Ry, Rz, s) وهي ما نطلق عليها اسم عناصر التحويل Transformation Parameters بين المراجع الجيوديسية. وفي هذه الحالة لا يمكننا

الاعتماد علي توافر نقطة واحدة فقط معلومة (كما في الحالية البسيطة السابقة) لكن يلزمنا وجود ٣ نقاط – علي الأقل – معلوم إحداثياتهم في كلا المرجعين. فإذا كان لدينا معلومات لأكثر من ٣ نقاط زادت دقة الحل المطلوب لتحديد عناصر التحويل السبعة ، كما أن دقة تحديد العناصر تعتمد علي دقة إحداثيات النقاط المعلومة في كلا المرجعين. وهذين السببين وراء وجود أكثر من مجموعة منشورة و معلنة من عناصر التحويل بين مرجعين محددين ، فمعادلات التحويل ثابتة لكن عدد و جودة البيانات المستخدمة في الحساب ستؤدي لقيم متفاوتة لعناصر التحويل بين نفس المرجعين.

توجد العديد من قيم عناصر التحويل المعلنة أو المنشورة وخاصة مع انتشار تطبيقات تقنية الجي بي أس التي تعتمد إحداثياتها علي المجسم العالمي WGS84. يقدم الجدول التالي قيم عناصر التحويل من بعض المراجع الوطنية في الدول العربية إلي مرجع WGS84 كما نشرتها هيئة المساحة العسكرية الأمريكية:

عناصر التحويل بين المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 والمراجع الجيوديسية المحلية (من هيئة المساحة العسكرية الأمريكية)

الدولة	المرجع الوطني	الاليبسويد	عدد النقاط المستخدمة	عناصر التحويل (بالمتر)		
				D X	D Y	D Z
السودان	Adindan	Clark 1880	٢٢	١٦٦- (٥)	١٥- (٥)	٢٠٤ (٣)
تونس	Carthage	Clark 1880	٥	٢٦٣- (٦)	٦ (٩)	٤٣١ (٨)
	European 1950	International 1924	٤	١١٢- (٢٥)	٧٧- (٢٥)	١٤٥- (٢٥)
المغرب	Merchich	Clark 1880	٩	٣١ (٥)	١٤٦ (٣)	٤٧ (٣)
الجزائر	North Sahara 1959	Clark 1880	٣	١٨٦- (٢٥)	٩٣- (٢٥)	٣١٠ (٢٥)
	Voirol 1960	Clark 1880	٢	١٢٣- (٢٥)	٢٠٦- (٢٥)	٢١٩ (٢٥)
مصر	Old Egyptian 1906	Helmert 1906	١٤	١٣٠- (٣)	١١٠ (٦)	١٣- (٨)
البحرين	Ain El Abd 1970	International 1924	٢	١٥٠- (٢٥)	٢٥٠- (٢٥)	١- (٢٥)
السعودية	Ain El Abd 1970	International 1924	٩	١٤٣- (١٠)	٢٣٦- (١٠)	٧ (١٠)
الإمارات	Nahrwan	Clark 1880	٢	٢٤٩- (٢٥)	١٥٦- (٢٥)	٣٨١ (٢٥)
عمان	Nahrwan	Clark 1880	٢	٢٤٧- (٢٥)	١٤٨- (٢٥)	٣٦٩ (٢٥)
	Oman	Clark 1880	٧	٣٤٦- (٣)	١- (٣)	٢٢٤ (٩)
قطر	Qatar National	International 1924	٣	١٢٨- (٢٠)	٢٨٣- (٢٠)	٢٢ (٢٠)
العراق والكويت و الأردن و ولبنان و سوريا	European 1950	International 1924	؟	١٠٣-	١٠٦-	١٤١-
تونس و الجزائر	Voirol 1874	Clark 1880	؟	٧٣-	٢٤٧-	٢٢٧

لكن يجب مراعاة الملاحظات التالية علي قيم هذا الجدول:

١. قيم العناصر المذكورة هي للتحويل من المرجع المحلي إلي مرجع WGS84 وللتحويل من WGS84 إلي المرجع المحلي يجب عكس جميع الإشارات الجبرية (موجب بدلا من سالب و العكس).
٢. القيم المذكورة لثلاثة عناصر فقط (وليس سبعة) وبالتالي فهي أقل دقة.
٣. الجدول يوضح أيضا عدد نقاط الثوابت المساحية التي تم استخدامها في حساب هذه العناصر لكل مرجع محلي.
٤. العدد المذكور بين القوسين هو مؤشر للدقة المتوقعة لقيمة كل عنصر من عناصر التحويل.
٥. القيم في آخر سطرين من الجدول تم حسابها بطرق أخري بخلاف رصد نقاط ثوابت مساحية وبالتالي فأن قيم الدقة المتوقعة غير متاحة.

منذ سنوات عديدة يقوم الباحثون الجيوديسيون في كل دولة بحساب قيم عناصر التحويل كلما توفرت لديهم بيانات نقاط جيوديسية معلوم إحداثياتها في كلا المرجعين (المحلي و WGS84). وتختلف دقة عناصر التحويل من دراسة لآخري طبقا لعدد النقاط المعلومة و توزيعها ودقة إحداثياتها المستخدمة في حساب عناصر التحويل ، وذلك بهدف الوصول لأدق قيم لهذه العناصر مما يسهل عملية تحويل إحداثيات الجي بي أس إلي المراجع الوطنية المستخدمة في إنتاج الخرائط لكل دولة. علي سبيل المثال توجد العديد من قيم عناصر التحويل المنشورة في جمهورية مصر العربية منهم العناصر التالية للتحويل من WGS84 إلي هلمرت ١٩٠٦ (من حسابات الدكتورة دلال النجار و الدكتور جمعة داود في عام ٢٠٠٠م):

ΔX = 123.842 ± 0.96 m
ΔY = -114.878 ± 0.96 m
ΔZ = 9.590 ± 0.96 m
Rx = -1.35314 ± 0.17 "
Ry = -1.67408 ± 0.35 "
Rz = 5.24269 ± 0.30 "
s = -5.466 ± 0.78 ppm (part per million)

كما توجد قيم أخري نشرت حديثا (للتحويل من هلمرت ١٩٠٦ إلي WGS84) وتتكون من (من حسابات الدكاترة أحمد شاكر و عبد الله سعد و مني سعد وعمرو حنفي في عام ٢٠٠٧م والمنشورة بمؤتمر FIG):

ΔX = -88.832 ± 0.02 m
ΔY = 186.714 ± 0.03 m
ΔZ = 151.82 ± 0.01 m
Rx = -1.305 ± 2.21 "
Ry = 11.216 ± 1.57 "
Rz = -6.413 ± 1.84 "
s = -6.413 ± 1.84 ppm (part per million)

أيضا توجد قيم منشورة لعناصر التحويل في السودان (للتحويل من الليبسويد Adindan إلي WGS84) باستخدام نموذج مولودينسكي وتتكون من (http://www.ses-sudan.org/english/SESpublications/ses_jour/47/1523GozouliSESformat2.pdf):

ΔX = -146.0 ± 0.89 m
ΔY = -33.5 ± 0.89 m
ΔZ = 205,3 ± 89 m
Rx = -1.64 ± 1.87 "
Ry = 2.18 ± 1.87 "
Rz = -14.8 ± 2.6 "
s = -1.34 ± 1.35 ppm (part per million)

أما في المملكة العربية السعودية (وتحديدا مكة المكرمة) فأن عناصر التحويل من WGS1984 إلي مرجع عين العبد ١٩٧٠ - باستخدام نموذج مولودينسكي - فتتكون من (من حسابات الدكاترة جمعة داود و معراج مرزا و خالد الغامدي بمؤتمر FIG في عام ٢٠١١م) :

Xo = 4559545.892 m
Yo = 3808252.221 m
Zo = 2314350.329 m
ΔX = 41.650 m
ΔY = 286.321 m
ΔZ = 89.132 m
Rx = -1.91577 "
Ry = 10.28662 "
Rz = -14.08571 "
s = -7.1256 ppm (part per million)

أيضا توجد بعض المحاولات العلمية لتبسيط حسابات تحويل الإحداثيات من نظام إحداثيات و مرجع جيوديسي إلي نظام و مرجع آخر، فبعض التطبيقات الخرائطية و عمليات تجميع البيانات لا تحتاج للدقة العالية التي توفرها المعادلات السابقة. في مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية – علي سبيل المثال – قامت أمانة المدينة باستنباط معادلتين بسيطتين لتحويل الإحداثيات من نظام UTM الشريحة Q37 علي المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 (مرجع قياسات تقنية GPS) إلي نظام إحداثيات خرائط الأمانة:

س$_{٢}$ = س$_{١}$ - ١٩٦.٥٦٠ متر

ص$_{٢}$ = ص$_{١}$ - ٩٨.١٧٨ متر

حيث:

س$_{٢}$: الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام إحداثيات خرائط أمانة جدة.

ص٢ : الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في نظام إحداثيات خرائط أمانة جدة.
س١ : الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام UTM علي المرجع العالمي WGS84.
ص١ : الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في UTM علي المرجع العالمي WGS84.

كما توجد معادلات مماثلة قام باستنباطها مجموعة من الباحثين بجامعة أم القرى (معراج مرزا و جمعة داود و خالد الغامدي) لتحويل الإحداثيات الجغرافية من نظام UTM بالشريحة Q37 علي المرجع العالمي WGS84 إلي نظام UTM علي المرجع السعودي المحلي (عين العبد ١٩٧٠) لمدينة مكة المكرمة:

س٢ = س١ - ١٩٩.٢٢٤ متر

ص٢ = ص١ – ١١٢.٣٦٣ متر

حيث:

س٢ : الاحداثي الشرقي X - بالمتر – في نظام UTM علي المرجع المحلي عين العبد.
ص٢ : الاحداثي الشمالي Y - بالمتر – في نظام UTM علي المرجع المحلي عين العبد.
س١ : الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام UTM علي المرجع العالمي WGS84.
ص١ : الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في UTM علي المرجع العالمي WGS84.

أما في مصر فقد قام الباحثين (دلال النجار و جمعة داود) بحساب معادلات مبسطة لتحويل الإحداثيات الجغرافية – خط الطول و دائرة العرض – من المرجع العالمي WGS84 إلي المرجع المحلي المصري (هلمرت ١٩٠٦) كالتالي:

$$\phi_{OED} = \phi_{84} + \Delta\phi$$

$$\lambda_{OED} = \lambda_{84} + \Delta\lambda$$

$$\Delta\phi'' = -320.474 + 30.6751\ \phi_{84} + 3.0402\ \lambda_{84} - 1.7380\ \phi^2_{84} + 0.0436\ \phi^3_{84} - 0.0004\ \phi^4_{84} - 0.1056\ \lambda^2_{84} + 0.0012\ \lambda^3_{84}$$

$$\Delta\lambda'' = 4357.7294 - 734.6377\ \lambda_{84} + 49.4639\ \lambda^2_{84} - 0.1705\ \phi_{84} - 1.6600\ \lambda^3_{84} + 0.0278\ \lambda^4_{84} + 0.0037\ \phi^2_{84} - 0.0002\ \lambda^5_{84}$$

حيث:

ϕ_{OED}	دائرة العرض علي المرجع المصري المحلي (هلمرت ١٩٠٦)
λ_{OED}	خط الطول علي المرجع المصري المحلي (هلمرت ١٩٠٦)
ϕ_{84}	دائرة العرض علي المرجع العالمي WGS84
λ_{84}	خط الطول علي المرجع العالمي WGS84

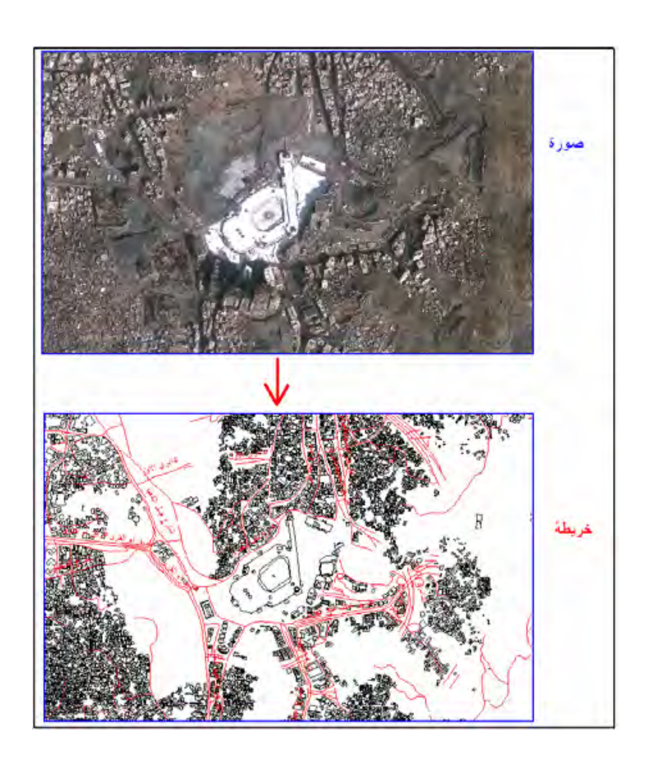
الفصل الخامس

التقنيات الحديثة و الخرائط

في العقود القليلة الماضية ظهرت تقنيات حديثة غيرت الكثير من التطبيقات العلمية بصورة مذهلة جعلت من السهل الوصول لنتائج لم تكن أبدا متوقعة. فعلي سبيل المثال أصبح الآن من السهولة واليسر شراء مرئيات فضائية (صور لسطح الأرض ملتقطة من الأقمار الصناعية) تبين أدق تفاصيل المعالم المكانية لأي بقعة علي سطح الأرض، مما جعل إنتاج الخرائط يصل لمستويات من الدقة و السرعة لم يكن من الممكن حتى تخيلها من سنوات مضت. أما إجراء القياسات الميدانية فلم يعد يستغرق كل هذا الوقت و التكلفة الاقتصادية مع ظهور و انتشار تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع (المعروف باسم GPS)، وبالطبع أنعكس ذلك علي إنتاج الخرائط سواء من حيث الدقة أو السرعة. لكن – علي الجانب الأخر – فأن هذه التقنيات الحديثة تتطلب فهم أساسياتها وسبل التعامل السليم معها وإلا فأن مصممي الخريطة Mapmakers سيواجهون مشكلات فنية كبيرة. في هذا الفصل سنستعرض المفاهيم الرئيسية لثلاثة من تقنيات الحصول علي البيانات المكانية: التصوير الجوي و الاستشعار عن بعد و النظام العالمي لتحديد المواقع.

٥-١ التصوير الجوي

تم استنباط كلمة Photogrammetry في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي وهي كلمة من مقطعين: Photo بمعني صورة و grammmetry بمعني القياس ، وبذلك فأن هذه الكلمة تعني "القياس من الصور" ، وبالتالي فأن المساحة التصويرية Photogrammetry هي علم القياس من الصور.



شكل (٥-١) المساحة التصويرية

٥-١-١ تاريخ وأقسام المساحة التصويرية:

عرف الإنسان فكرة التصوير بصفة عامة منذ فترة طويلة جدا (قبل الميلاد) إلا أن أول صورة فوتوغرافية بالمعني المعروف تم إنتاجها في فرنسا في عام ١٨٢٦م علي يد جوزيف نيبيس Joeswph Niepce. وفي عام ١٨٥٩م قام المهندس الفرنسي لويزداه Laussedat بعمل أول تجربة لالتقاط صور من الجو من خلال كاميرا موضوعة في منطاد (بالون) وعمل خرائط منها لأجزاء من مدينة باريس. وقد عرف لويزداه بأنه رائد علم المساحة التصويرية.

مع اختراع الطائرة علي يد الأخوان رايت Wright في عام ١٩٠٣م بدأت فكرة وضع الكاميرا في الطائرات بهدف رسم خريطة - لمنطقة كبيرة - من هذه الصور. وأخذت أول صورة من طائرة في احدي مناطق ايطاليا في عام ١٩٠٩م. ومع بدء الحرب العالمية الأولي زادت أهمية التصوير الجوي Aerial Photogrammetry بهدف الاستطلاع و الأعمال المخابراتية لمواقع العدو ، لكن علم المساحة التصويرية قد تطور تقنيا بسرعة وزادت الحاجة إليه أثناء الحرب العالمية الثانية. مع اختراع الكمبيوتر في نهاية الخمسينات من القرن العشرين الميلادي قفز علم المساحة التصويرية خطوات واسعة في عمليات القياس من الصور الجوية ومن ثم إنتاج خرائط منها.

تستخدم المساحة التصويرية في العديد من التطبيقات تشمل علي سبيل المثال الآتي:

- إنشاء الخرائط بدقة عالية و سرعة مناسبة.
- إنشاء نماذج الارتفاعات الرقمية لتمثيل طبوغرافية سطح الأرض.
- دراسة تحركات المنشئات الضخمة مثل السدود و القناطر.
- عمل الخرائط الجيولوجية ودراسات معالم سطح الأرض (الجيومورفولوجيا).
- إعداد المخططات و الخرائط الطبوغرافية.
- حصر أنواع الزراعات و مساحتها ودراسة أنواع التربة.
- تخطيط المشروعات مثل الطرق و السكك الحديدية.
- دراسات الموارد المائية ومصادر المياه.
- التطبيقات العسكرية و أعمال المخابرات.

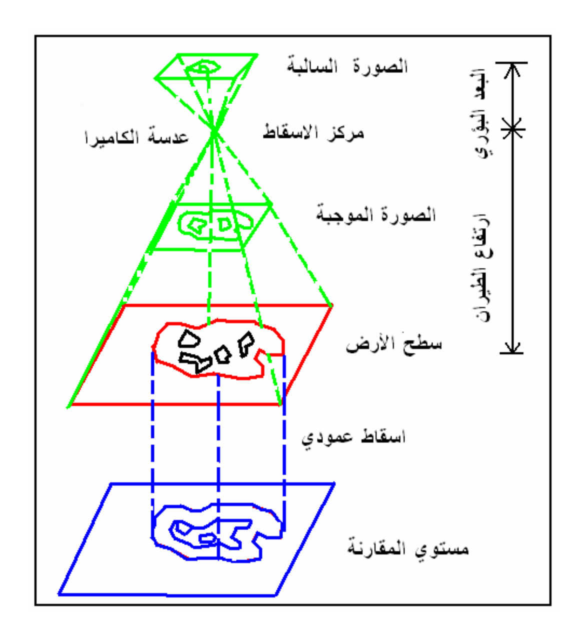
للمساحة التصويرية العديد من المميزات التي تجعلها من أهم التطبيقات المساحية الحديثة ومنها:

- الدقة العالية في إنتاج أو تحديث الخرائط التي تعادل دقة المساحة الأرضية في العديد من التطبيقات.
- السرعة في إتمام العمل مقارنة بالوقت المستغرق في العمل الحقلي للمساحة الأرضية.
- اتساع حجم التغطية للصور الملتقطة مما يؤدي لإنتاج خرائط لمناطق شاسعة في وقت زمني قليل.
- التكلفة الاقتصادية المنخفضة.
- الوصول لمناطق بعيدة يصعب الوصول إليها.
- إمكانية التصوير الدوري لمتابعة انتشار ظاهرة معينة.
- عدم التأثر بالظروف المناخية (إلا في وقت التصوير ذاته) طوال فترة المشروع.

٥-١-٢ مبادئ التصوير الجوي:

٥-١-٢-١ الصورة الجوية و الخريطة:

الصورة الجوية هي قطاع ناتج من تقاطع مستوي مع حزمة من الأشعة صادرة من نقطة الهدف، أي أن الإسقاط للصور الجوية من نوع الإسقاط المركزي. بينما الخريطة قطاع أفقي ناتج من تقاطع مستوي مع أشعة إسقاط عمودية علي هذا المستوي ، أي أن مسقط الخريطة هو إسقاط عمودي. من خلال أجهزة و طرق المساحة التصويرية يمكن تحديد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد (س ، ص ، ع) لكل نقطة ظاهرة علي الصورة الجوية – بعد عمل عدة تصحيحات عليها - ومن ثم يمكن إنتاج الخرائط لهذه المنطقة الجغرافية. ويتم ذلك بأجهزة تسمي محطة العمل التصويرية Photogrammetric Workstation.



شكل (٥-٣) الصورة الجوية و الخريطة



شكل (٥-٣) جهاز محطة العمل التصويرية

٥-١-٢-٢ أنواع الصور الجوية:

طبقا لوضع الكاميرا أثناء التصوير فهناك ثلاثة أنواع من الصور الجوية:

١- الصور الرأسية Vertical Photographs:

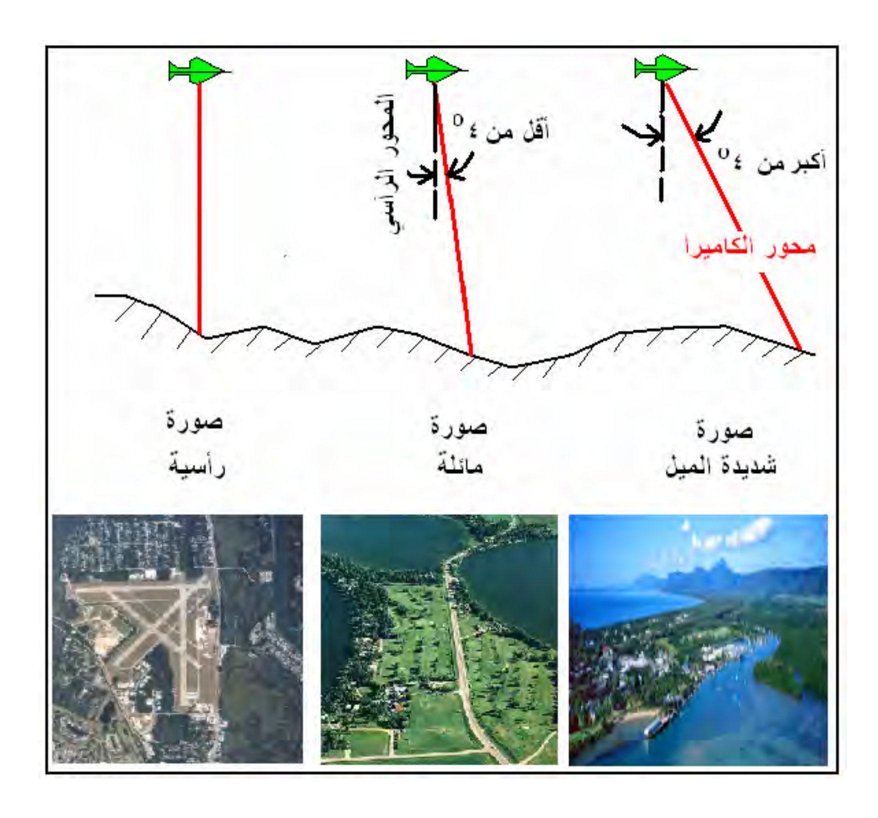
يكون بها محور الكاميرا عمودي علي سطح الأرض ، وهذا هو نوع الصور الجوية المستخدم في إنتاج الخرائط حيث يكون مسقط الصورة أقرب ما يكون إلي المستوي أو المسقط الأفقي الذي تعتمد عليه الخرائط. تتميز الصور الرأسية بسهولة القياس منها وأيضا بسهولة تمييز المعالم بها لأنها تظهر بشكل يماثل الحقيقي في الطبيعة.

٢- الصور المائلة Tilted Photographs:

يميل محور الكاميرا بها ميلا خفيفا (لا يتجاوز أربعة درجات) عن المحور الرأسي ، ويمكن تحويله في المعمل من خلال أجهزة خاصة إلي صور رأسية لاستخدامها في إنتاج الخرائط.

٣- الصور شديدة الميل أو الصور الميالة Oblique Photographs:

حيث يميل محور الكاميرا ميلا كبيرا عن المحور الرأسي وغالبا يظهر خط الأفق في هذه النوعية من الصور الجوية. من مميزات الصور شديدة الميل أنها تغطي مساحة كبيرة من سطح الأرض إلا أن استخدامها الأساسي هو تفسير أنواع المعالم الجغرافية الظاهرة ولا تستخدم في إنتاج الخرائط.



شكل (٥-٤) أنواع الصور الجوية طبقا لوضع الكاميرا

٥-١-٢-٣ أجهزة التصوير الجوي:

لا تختلف فكرة الكاميرا المستخدمة في التصوير الجوي كثيرا عن الكاميرا العادية إلا أنها تتميز بمواصفات تقنية عالية للوصول إلي دقة ووضوح عالي عند التقاط الصور. فيجب أن تتمتع كاميرات التصوير الجوي بالمواصفات التالية:

- عدسة خالية من التشوه بأنواعه.
- قدرة عالية علي إظهار التفاصيل.
- استواء تام للفيلم طوال التصوير.
- التحكم الدقيق في كمية الضوء الداخل للعدسة.
- تشغيل ألي بكفاءة كبيرة.
- تسجيل المعلومات الأساسية علي الصورة نفسها (مثل ارتفاع الطيران ووقت التصوير ورقم الصورة وفقاعة التسوية).

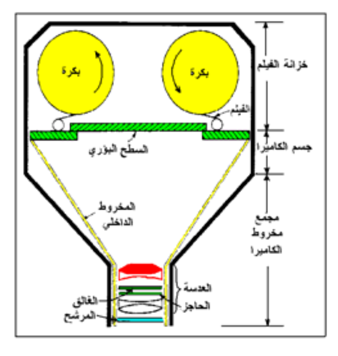
تتكون كاميرا التصوير الجوي من الأجزاء الرئيسية التالية:

<u>مجموعة العدسات و ملحقاتها:</u>
تشمل المجموعة كلا من: العدسة (سواء عدسة بسيطة أو عدسة مركبة من مجموعة عدسات)، الحاجب الذي ينظم كمية الضوء المار بالعدسة ، الغالق الذي يتحكم في الفترة الزمنية التي يسمح للضوء فيها بالمرور خلال العدسة ، المرشح لزيادة درجة وضوح المعالم الأرضية. .

<u>مخروط الكاميرا:</u>
هو الجزء الذي يربط بين مجموعة العدسات ويجعلها علي مسافة معينة من اللوح السالب : كما أنه يمنع الضوء عن الفيلم أو اللوح السالب.

<u>جسم الآلة:</u>
يشمل الموتور و الأجزاء الميكانيكية و الكهربائية اللازمة لإدارة الكاميرا ، كما أنه الصلة بين المخروط و خزان (أو خزانة أو مخزن) الفيلم.

<u>مخزن الفيلم:</u>
يحتوي بكرتين لشريط الفيلم الحساس أحداهما تحتوي الفيلم الخام والأخرى للفيلم بعد أخذ الصور.





شكل (٥-٥) الكاميرا الجوية

توجد عدة أنواع من كاميرات التصوير الجوي مثل: (١) الكاميرا ذات العدسة الواحدة والتي تسمي أيضا كاميرا الخرائط أو الكاميرا المترية أو الكاميرا الكارتوجرافية وهي أكثر الأنواع استخداما في التصوير الجوي بهدف إنتاج الخرائط، (٢) الكاميرا متعددة العدسات والتي تكون بها كل عدسة مرتبطة بفيلم له حساسية لنوع معين من الضوء مما يسمح بالحصول علي عدة صور لنفس الهدف في عدة نطاقات من الطيف، (٣) كاميرا تصوير الشرائح لالتقاط الصور المستمرة ، (٤) كاميرا التصوير البانورامية المستخدمة في الاستطلاع و الاستكشاف بحيث تغطي الصور من خط الأفق إلي خط الأفق العمودي علي اتجاه الطيران. .

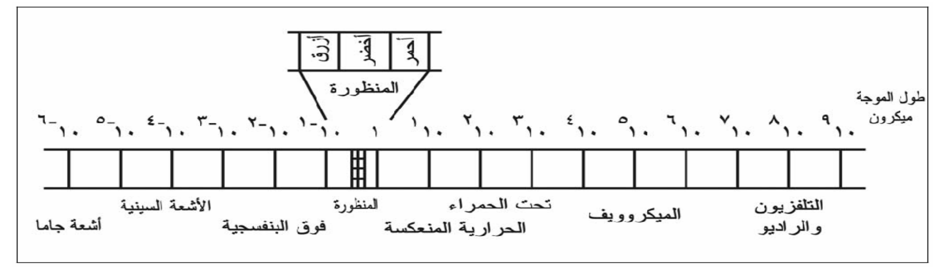
ينتشر الضوء في الغلاف الجوي علي هيئة منحني أقرب ما يكون لمنحني جيب الزاوية sinusoidal curve المعروف الذي يحدد طول الموجة الواحدة wavelength (نرمز لها بالرمز λ) وزاوية الطور Phase angle التي تبلغ ٣٦٠^{o} درجة للدورة الكاملة (نرمز لها بالرمز θ). وبناءا علي طول الموجة فيمكن تقسيم الضوء إلي عدة أنواع منها علي سبيل المثال:

أشعة الراديو والتلفزيون:	طول الموجة لها اكبر من ١ متر.
أشعة الميكروويف:	يتراوح طول الموجة بين ١ – ١٠٠ سنتيمتر.
الضوء المرئي:	يتراوح طول الموجة بين ٠.٣٨ – ٠.٧٢ ميكرومتر.
الأشعة الحمراء القريبة:	يتراوح طول الموجة بين ٠.٧٢ – ١.٣٠ ميكرومتر.
الأشعة تحت الحمراء المتوسطة:	يتراوح طول الموجة بين ١.٣٠ – ٣.٠٠ ميكرومتر.
الأشعة تحت الحمراء البعيدة:	يتراوح طول الموجة بين ٣.٠٠ – ١٠٠٠ ميكرومتر.
الأشعة فوق البنفسجية:	يتراوح طول الموجة بين ٠.١ – ٠.٤ ميكرومتر.
أشعة جاما:	طول الموجه لها اصغر من ٠.٠٣ نانومتر
أشعة أكس:	يتراوح طول الموجة بين ٠.٠٣ – ٣٠٠ نانومتر.

حيث:
ميكرومتر أو الميكرون = جزء من ألف مليون جزء من المتر ، أي $١×١٠^{-٩}$ متر.
النانومتر = جزء من ألف جزء من الميكرومتر ، أي $١×١٠^{-١٢}$ متر.

إما الضوء المرئي (الذي تستطيع عين الإنسان رؤيته) فينقسم إلي عدة ألوان هي:

البنفسجي:	طول الموجة ٠.٣٨ – ٠.٤٥ ميكرون.
الأزرق:	طول الموجة ٠.٤٥ – ٠.٥٠ ميكرون.
الأخضر:	طول الموجة ٠.٥٠ – ٠.٥٨ ميكرون.
الأصفر:	طول الموجة ٠.٥٨ – ٠.٥٩ ميكرون.
البرتقالي:	طول الموجة ٠.٥٩ – ٠.٦٢ ميكرون.
الأحمر:	طول الموجة ٠.٦٢ – ٠.٧٠ ميكرون.



شكل (٥-٦) الطيف الكهرومغناطيسي

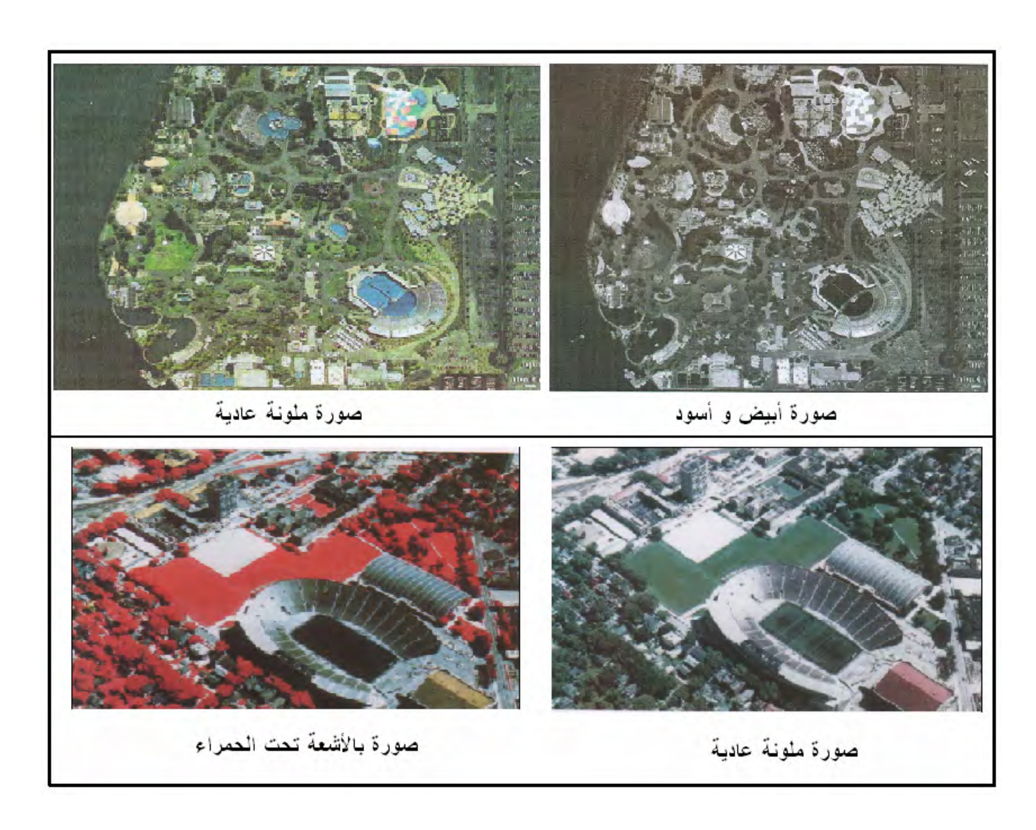
الفيلم هو شريحة من البلاستيك المغطاة بطبقة من مادة نترات الفضة ، وهي المادة التي تتميز بتأثرها أو حساسيتها للضوء طبقا لشدته. تنقسم الأفلام المستخدمة في التصوير الجوي إلي عدة أنواع تشمل:

الفيلم البانكروماتي: الفيلم العادي المستخدم في التصوير الأبيض و أسود ، وهو يتميز بسعره المنخفض.

الفيلم الأبيض و الأسود الحساس للأشعة تحت الحمراء: تمتد حساسية مادة الفيلم لتشمل بالإضافة للضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء أيضا. تستخدم هذه النوعية من الأفلام في التعرف علي جودة و صحة النباتات حيث تظهر النباتات ذات الأوراق الممتلئة بالكلورفور تظهر بلون أبيض بينما النباتات المريضة تظهر بلون داكن.

الفيلم الملون العادي: حيث تظهر المعالم الطبيعية في الصورة بألوانها الطبيعية المعتادة ، وقديما كان سعر الأفلام الملونة مرتفعا ولم تكن هذه الأفلام منتشرة بكثرة في تطبيقات التصوير الجوي إلا أنها أصبحت الآن أكثر استخداما.

الفيلم الملون الحساس للأشعة تحت الحمراء:وتسمي أيضا الأفلام الملونة الكاذبة حيث تظهر المعالم الخضراء بلون ازرق علي الصورة باستثناء النباتات كما تظهر المعالم الحمراء بلون اخضر علي الصورة وتظهر الأهداف التي لا تراها عين الإنسان (خارج نطاق الضوء المرئي) بلون أحمر علي الصورة. يستخدم هذا النوع من الأفلام في التطبيقات الزراعية لتحديد أنواع و أمراض النباتات.



شكل (٥-٧) أنواع الصور طبقا للأفلام المستخدمة

٥-١-٣ القياسات من الصور الجوية:

٥-١-٣-١حساب مقياس رسم الصورة الجوية:

يمكن حساب مقياس رسم الصورة الجوية (قبل القياس منها) بعدة طرق طبقا للمعلومات المتوفرة:

مقياس رسم الصورة عند أي نقطة = البعد البؤري للكاميرا ÷ (ارتفاع الطيران – منسوب النقطة) (٥-١)

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري للكاميرا ÷ (ارتفاع الطيران – المنسوب المتوسط للمنطقة) (٥-٢)

٥-١-٣-٢ حساب الإحداثيات الأرضية:

بقياس إحداثيات أي نقطة علي الصورة يمكن حساب إحداثياتها الأرضية كالتالي:

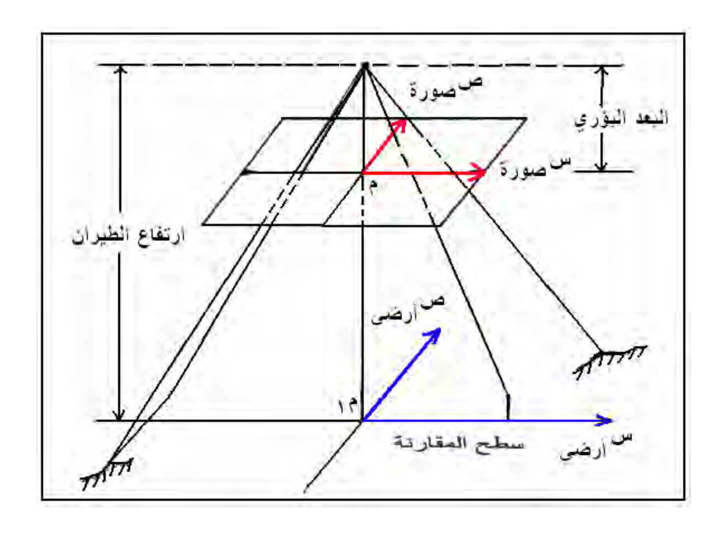
س أرضي = س صورة × (ارتفاع الطيران – منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري (٥-٣)

ص أرضي = ص صورة × (ارتفاع الطيران – منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري (٥-٤)

حيث:

س صورة، ص صورة هي إحداثيات النقطة علي الصورة

س أرضي ، ص أرضي هي الإحداثيات الأرضية للنقطة منسوبة لإحداثيات مسقط مركز الصورة علي الأرض. فإذا علمنا الإحداثيات الأرضية الحقيقية لهذه النقطة (بالنسبة لنظام إحداثيات الخرائط في دولة معينة) يمكن حساب الإحداثيات الحقيقية للنقطة المطلوبة.

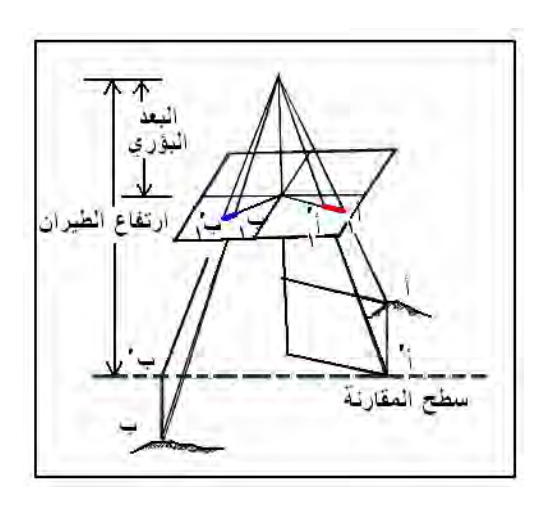


شكل (٥-٨) الإحداثيات الأرضية وإحداثيات الصورة الجوية

٥-١-٣-٣ حساب الإزاحة:

تعد الإزاحة Displacement أهم الاختلافات بين الصور الجوية و الخرائط فالخريطة ناتجة عن إسقاط عمودي بينما إسقاط الصور الجوية يعد إسقاطا مركزيا أو إسقاطا مخروطيا (أرجع للشكل ١٠-٣). لذلك فأن الحصول علي الخريطة لا يكون بمجرد الشف من الصور الجوية مباشرة. توجد عدة أسباب وراء حدوث الإزاحة لكن أهمها هو اختلاف المناسيب بين المعالم الجغرافية (بالإضافة لاختلاف مقياس الرسم من نقطة لآخري وعيوب العدسات والأفلام).

تتأثر مواقع النقاط في الصورة الجوية باختلاف مناسيبها حيث أن سطح الأرض غير مستوي مما يجعل النقاط الظاهرة في الصورة الجوية منزاحة أو متحركة عن موقعها الحقيقي الذي يظهر في الخريطة ، وهو ما يطلق عليه الإزاحة التضاريسية Relief Displacement. في الشكل التالي فأن النقطة أ علي سطح الأرض يكون مسقطها علي مستوي المقارنة (منسوب سطح البحر) في النقطة أ' وهي التي تمثل موقعها الحقيقي علي الخريطة. تظهر النقطة أ في الصورة الجوية عند أ١ بينما موقعها الحقيقي (لو تخيلنا أن النقطة أ' ستظهر في الصورة) سيكون عند النقطة أ١'. أي أن النقطة الظاهرة علي الصورة الجوية منزاحة عن موقعها الحقيقي بمسافة أ١ – أ١' ، ويكون اتجاه هذه الإزاحة (للنقطة ذات المنسوب الموجب) باتجاه مركز الصورة الجوية. أما نقطة ب (التي تقع أسفل مستوي سطح البحر) فأنها تظهر في الصورة الجوية عند النقطة ب١ ، بينما مسقطها علي مستوي المقارنة (النقطة ب') من المفترض أن يظهر علي الصورة عند النقطة ب١'. أي أن الإزاحة ب١-ب١' للنقطة ذات المنسوب السالب ستكون باتجاه بعيدا عن مركز الصورة الجوية.



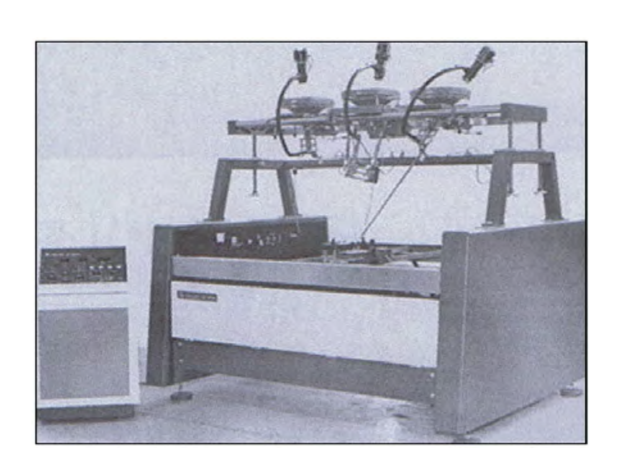
شكل (٥-٩) الإزاحة

لحساب قيمة الإزاحة التضاريسية في الصور الجوية:

الإزاحة = بعد قمة الهدف عن مركز الصورة × منسوب قاعدة الهدف ÷ ارتفاع الطيران (٥-٥)

بحساب قيمة الإزاحة التضاريسية ومعرفة اتجاه التصحيح (للداخل إن كان الهدف أعلي من مستوي سطح البحر وللخارج إن كان الهدف أقل من مستوي سطح البحر) فيمكن تصحيح جميع المعالم في الصورة الجوية. وتتم هذه العملية باستخدام جهاز يسمي جهاز الأورثوفوتوسكوب

Ortho-Photoscope والذي ينتج صورة مصححة هندسيا تسمي الصور المتعامدة Ortho-Photo وتسمي أيضا خرائط الاورثوفوتو Ortho-Photo-Maps لأنها صورة جاهزة لإنتاج الخريطة الهندسية منها.



شكل (٥-١٠) جهاز الأورثوفوتوسكوب

من فوائد الإزاحة التضاريسية أنها تمكننا من حساب ارتفاع الظاهرات البشرية العمودية (برج، مسلة، خزان مياه ... الخ) التي تظهر علي الصور الجوية. لأي معلم تظهر قمته و قاعدته علي الصورة فأن هذه المسافة تعد عي الإزاحة التضاريسية الناتجة عن ارتفاع هذا الهدف ، أي يمكن قياسها علي الصورة الجوية.

ارتفاع الهدف العمودي = (ارتفاع الطيران - منسوب قاعدة الهدف) ×
المسافة بين قمة الهدف و قاعدته ÷ بعد قمة الهدف عن مركز الصورة (٥-٦)

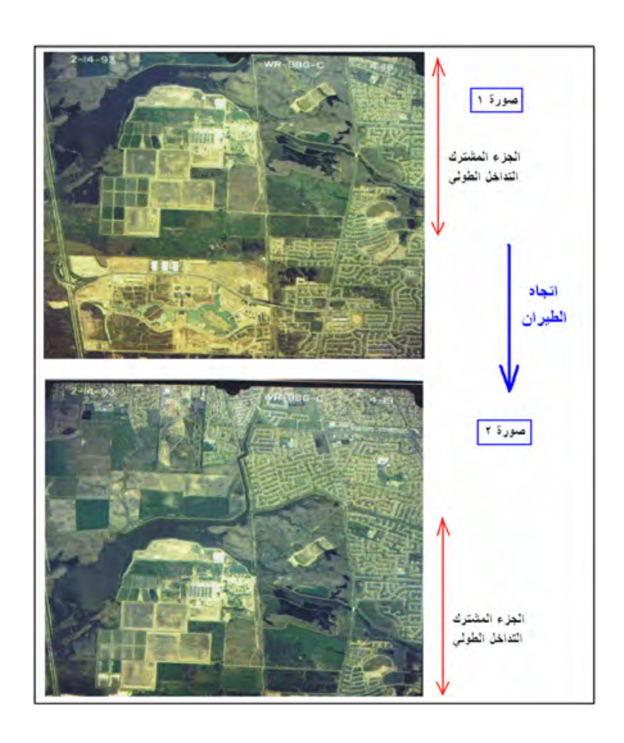
<u>٥-١-٣-٤ التداخل بين الصور الجوية:</u>

من متطلبات التصوير الجوي بهدف إنتاج الخرائط وجود مساحة مشتركة بين كل صورتين متتاليتين في نفس خط الطيران (التداخل الطولي) وكذلك وجود مساحة مشتركة بين كل خطي طيران متتاليين (التداخل الجانبي).

التداخل الطولي هو أساس إتمام الإبصار المجسم (ثلاثي الأبعاد) للصور الجوية ومن ثم إمكانية قياس البعد الثالث (الارتفاعات) للمعالم الجغرافية لإنتاج الخرائط الطبوغرافية. كما أن المنطقة المتداخلة بين الصورتين تكون أقل تشوها من أطراف كل صورة جوية علي حدي. غالبا يأخذ التداخل الطولي بنسبة ٦٠% ، أي أن ٦٠% من الصورة الأولي سيظهر أيضا في الصورة الثانية ، وهكذا. بينما أهم استخدامات التداخل العرض (غالبا يكون ٣٠%) هو ترتيب الصور الجوية عند إنشاء ما يعرف بالموزايك (أو الفسيفساء) وهو تجميع عدة صور جوية معا في صورة واحدة كبيرة تغطي المنطقة كلها.

خط الطيران
صورة ١
صورة ٢
تداخل جانبي
تداخل طولي

شكل (٥-١١) التداخل بين الصور الجوية



شكل (٥-١٢) مثال للتداخل الطولي بين الصور الجوية



شكل (٥-١٣) الموزايك أو الفسيفساء

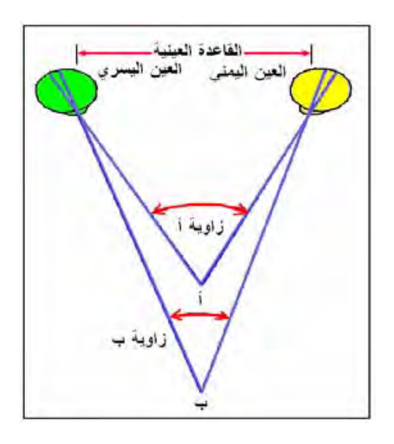
<u>٥-١-٤ الإبصار المجسم:</u>

خلق الله عز و جل الإنسان وله عينان كلا منهما تري صورة وترسلها إلي المخ الذي يجمع كلا الصورتين معا ليكون منهما صورة ثلاثية الأبعاد أو صورة مجسمة ومن هنا يستطيع الإنسان الإحساس بالبعد الثالث لما تراه عيناه (قرب وبعد الأهداف منه). من هنا يعرف التجسيم بأنه القدرة علي التمييز بين الأبعاد الثلاثة لأي جسم ومعرفتها ومن ثم الحصول علي الشكل الحقيقي في الفراغ.

للحصول علي الإبصار المجسم (بالعين المجردة) يجب توافر عدة شروط تشمل:

١. وجود صورتين لنفس الهدف ملتقطتين من نقطتين مختلفتين.
٢. وضع الصورتين بنفس ترتيب تصويرهما.
٣. تري العين اليمني الصورة اليمني فقط (أي لا تري الصورة اليسري) بينما تري العين اليسري الصورة اليسري فقط.
٤. تكون قوة الإبصار لكلا العينين تقريبا متساوية.

يعتمد المخ البشري علي تفسير الزاوية بين الأشعة التي تصل إلي كل عين من هدف معين ليقدر مسافة هذا الهدف (تعرف بأسم الزاوية البارالكتيكية) ، فالهدف القريب من الإنسان ستكون زاويته كبيرة بينما الهدف البعيد سيصنع زاوية أصغر. ومن هنا يستطيع الإنسان تحديد مدي قرب أو بعد الأهداف عنه ×الإبصار المجسم).

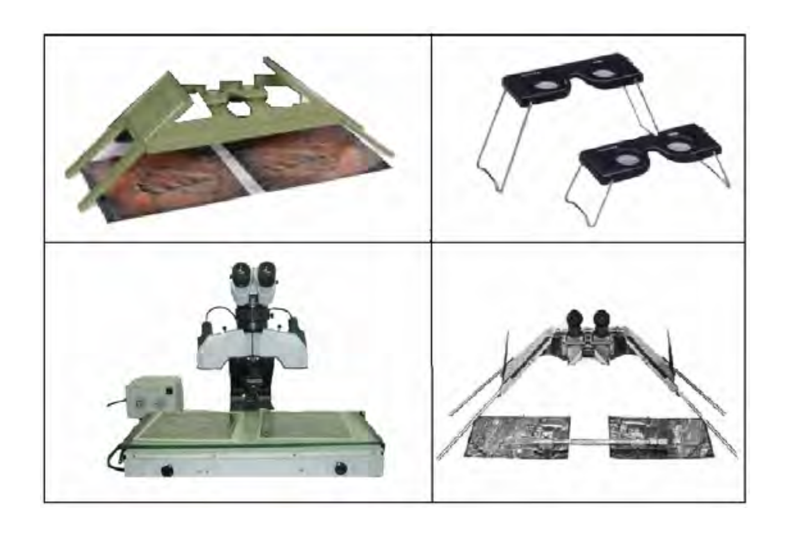


شكل (٥-١٤) مبدأ الإبصار المجسم

يمكن تطبيق نفس المبدأ في الصور الجوية المتداخلة بحيث أن الجزء المتداخل في الصورة الأولي والجزء المتداخل في الصورة الثانية سيمثلان صورتين لنفس المنطقة ، علي أن نضع حاجزا بين عيني الإنسان بحيث أن كل عين تري صورة واحدة فقط. ومن هنا تم تطوير أجهزة الإبصار المجسم التي تسمي الاستريوسكوب Stereoscopes.
تنقسم أجهزة الاستريوسكوب إلي نوعين:

(أ) الاستريسكوب الجيبي وهو إما بسيط أو له عدسات ، ويستخدم للصور الصغيرة ولأعمال التدريب فقط حيث أن قوة تكبير عدساته تكون بسيطة(الصورتين العلويتين في الشكل التالي).

(ب) استريسكوب الصور الجوية العادية: وهو إما استريسكوب ذو المرايا أو الاستريسكوب الزووم (الصورتين السفليتين في الشكل التالي).



شكل (٥-١٥) أنواع الاستريسكوب

يعتمد حساب المناسيب من الصور الجوية علي نظرية الابتعاد أو البارلاكس Parallax والابتعاد المطلق هو اختلاف المواقع النسبية للمعالم الزاهرة علي الصور الجوية المتعاقبة وذلك نتيجة اختلاف موضع التصوير لكل صورة. أما الابتعاد النسبي فهو فرق الابتعاد المطلق بين هدفين أو نقطتين وذلك نتيجة لاختلاف المنسوب بينهما. أي أن فرق الابتعاد بين نقطتين يمكن استخدامه في حساب فرق المنسوب بينهما ، فإذا علمنا منسوب نقطة منهما أمكننا حساب منسوب النقطة الثانية (مبدأ الميزانية).

يمكن حساب قيمة الابتعاد لأي نقطة بعدة طرق منها:

الابتعاد = فرق الاحداثي السيني للهدف في كلتا الصورتين (٥-٧)

حيث المحور السيني في كل صورة يكون هو اتجاه الطيران.

كما يستعمل جهاز ذراع البارلاكس (أو الاستريومتر) لقياس فرق الابتعاد بين نقطتين ، حيث يوضع الجهاز بحيث تكون العلامة الزجاجية اليسري مثبتة فوق النقطة علي الصورة اليسري ثم نبدأ نحرك العلامة الزجاجية اليمني حتى تنطبق علي النقطة في الصورة اليمني. قراءة ميكرومتر الجهاز هي قيمة الابتعاد لهذه النقطة. نكرر العمل للنقطة الثانية ثم نطرح قيمة الابتعاد لكلتا النقطتين لنحسب فرق الابتعاد بينهما.



شكل (٥-١٦) ذراع البارلاكس

فرق المنسوب = ارتفاع الطيران × فرق الابتعاد ÷
(طول القاعدة الجوية + فرق الابتعاد) (٥-٨)

أو بمعادلة تقريبية مبسطه كالتالي:

فرق المنسوب = ارتفاع الطيران × فرق الابتعاد ÷ طول القاعدة الجوية (٥-٩)

حيث القاعدة الجوية هي المسافة بين مركزي الصورتين مقاسة بمقياس رسم الصورة (لاحظ أن مركز الصورة الأولي سيظهر في جزء التداخل للصورة الثانية).

٥-١-٥ المساحة التصويرية الرقمية:

حديثا أصبحت تطبيقات المساحة التصويرية تتم باستخدام الحاسبات الآلية و الأجهزة المتطورة مما جعل المساحة التصويرية تتم الآن رقميا Digital Photogrammetry خلافا للمساحة التصويرية العادية التي كانت تستخدم الأجهزة البسيطة Analogue Photogrammetry. تطور هذا الفرع من أفرع المساحة التصويرية في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي مع ظهور تقنيات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد وزيادة الحاجة علي تطوير الخرائط الرقمية وشيوع استخداماتها (خلافا للخرائط الورقية المعتادة).

تتكون نظم المساحة التصويرية الرقمية من أجهزة Hardware وبرامج حاسوبية متخصصة Software. من أمثلة الأجهزة المستخدمة في هذه التطبيقات جهاز الماسح الضوئي scanner الذي يقوم بتحويل الصورة الجوية الورقية إلي صورة رقمية ، وأيضا الفارة mouse ثلاثية الأبعاد. من أمثلة برامج المساحة التصويرية الرقمية برنامج Socet set (وبرنامج رسم الخرائط المرافق له Micro station) ، وأيضا برنامج PS وبرنامج PDV.

يتطلب التعامل مع الصور الجوية الرقمية عدة خطوات تشمل:

١. تحويل الصورة إلي صيغة رقمية وإدخالها للحاسب عن طريق أجهزة المسح الضوئي.
٢. ضبط الصورة الجوية بإتمام عمليتي التوجيه الداخلي و التوجيه الخارجي لإزالة التشوهات الناتجة عن تشوه العدسة و كروية الأرض وتأثير الانكسار الجوي.
٣. التثليث الجوي Aerial Triangulation وهي عملية إيجاد معادلات رياضية تحدد للعلاقة بين الإحداثيات علي الصورة والإحداثيات الأرضية الحقيقية ، وتتم هذه الخطوة من خلال معرفة الإحداثيات الأرضية الحقيقية لمجموعة من النقاط علي الصورة وهي ما تسمي بنقاط الربط الأرضية Ground Control Points أو اختصارا GCP.
٤. ضبط المناسيب علي الصورة الجوية من خلال معرفة مناسيب مجموعة من النقاط الموزعة توزيعا جيدا علي أرجاء الصورة الجوية ، ومن ثم يمكن استنباط طبقة الكنتور للصورة.
٥. المراجعة الحقلية (الميدانية) للتحقق من المظاهر الجغرافية علي الصورة مع تجميع البيانات غير المكانية المطلوبة ، بالإضافة لتحديد دقة الصورة الرقمية من خلال

مقارنة بعض القياسات عليها (مسافات وانحرافات و مناسيب) مع قياسات المسح الأرضي لنفس الظاهرات سواء بجهاز المحطة الشاملة أو بأجهزة GPS.

٦. إضافة المعلومات غير المكانية (مثل أسماء الشوارع والمساجد ..الخ) علي الصورة المصححة لإنتاج الصورة العمودية photomap.

٧. الترقيم من الصور الجوية digitizing لرسم المعالم الجغرافية (بأبعادها و إحداثياتها الحقيقية) في ملف الخريطة الرقمية المطلوبة.



شكل (٥-١٧) المساحة التصويرية الرقمية

٥-٢ الاستشعار عن بعد

في ٢٤ أكتوبر ١٩٥٧م أطلق الاتحاد السوفيتي في ذلك الوقت (روسيا الآن) أول قمر صناعي المسمي سبوتينك الأول Sputnik 1 - وهو عبارة عن كرة من الألمنيوم بقطر ٥٨ سنتيمتر ووزن ٨٤ كيلوجرام تدور حول الأرض مرة كل ٩٦ دقيقة- بهدف بحث إمكانية صعود الإنسان للفضاء. ومنذ ذلك التاريخ دخلت البشرية عصر الأقمار الصناعية والسفر إلي خارج كوكب الأرض وأيضا استغلال هذه الإمكانيات التقنية في دراسة الكوكب ذاته وما يحتويه من موارد طبيعية في محاولة لفهمه.

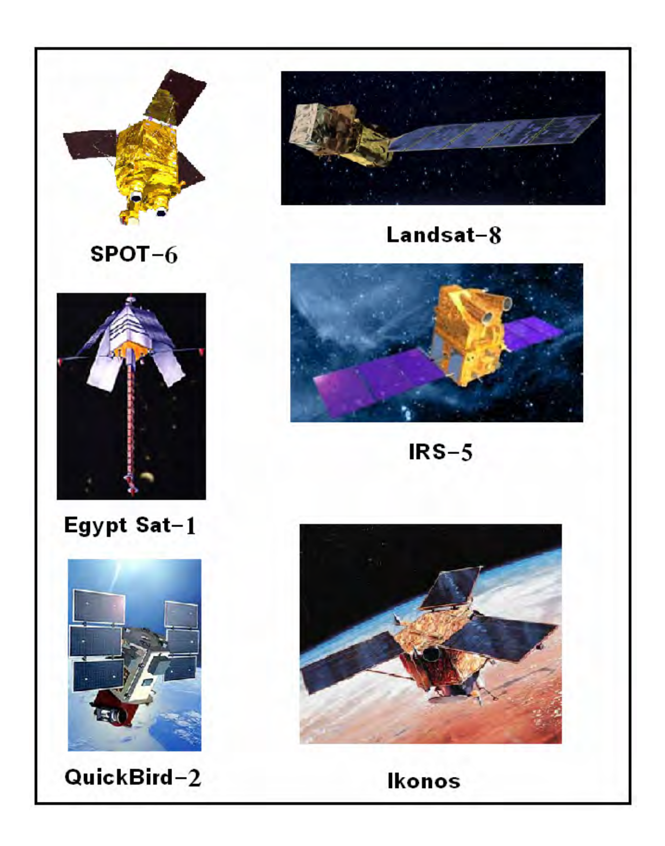
يمكن تقسيم الأقمار الصناعية بصفة عامة - طبقا للهدف منها - إلي ثلاثة مجموعات أساسية:

١. أقمار تحديد المواقع والهدف منها تحديد موقع (إحداثيات) أي هدف ثابت أو متحرك علي سطح الأرض مثل تقنية GPS.
٢. أقمار الاتصالات لنقل البيانات المرئية و المسموعة (المكالمات والراديو و التلفزيون) إلي مناطق شاسعة من الأرض للتغلب علي الموانع والمعوقات الطبيعية مثل أقمار نايل سات و العرب سات.
٣. أقمار دراسة الأرض وتشمل (أ) أقمار دراسة البحار و المحيطات و (ب) أقمار دراسة الغلاف الجوي للأرض و مناخها و (ج) أقمار الاستشعار عن بعد.

بدأت الأقمار الصناعية كأقمار مخصصة للأغراض العسكرية في المقام الأول إلا أنها أصبحت تستخدم في العديد من التطبيقات المدنية سواء الهندسية أو البيئية أو الزراعية أو الجيولوجية .... الخ. وطوال ثلاثة عقود كانت معظم الأقمار الصناعية حكومية وكان الحصول علي المرئيات الفضائية يتم من خلال الجهات الحكومية في الدول من خلال اتفاقيات موقعة مع الدولة صاحبة القمر الصناعي. إلا أنه في السنوات الأخيرة ومن انتشار تطبيقات المرئيات الفضائية في عدة مجالات فقد زاد الطلب علي منتجات الأقمار الصناعية مما جعل بعض الشركات الكبرى تدخل هذا المجال المربح اقتصاديا. والآن أصبحت هناك عدة أقمار صناعية تجارية يمكن شراء منتجاتها بسهولة و يسر. الجدول التالي يقدم بعض المعلومات عن أشهر الأقمار الصناعية المخصصة للاستشعار عن بعد.

يختلف التصوير الفضائي عن التصوير الجوي أساسا في نوع وتقنية التصوير ذاته. التصوير الجوي يعتمد علي الكاميرات الضوئية التي تسجل صورها علي أفلام حساسة ، بينما في التصوير الفضائي تستخدم تقنيات التصوير غير الفوتوغرافي وهي تسجيل إشارات الكترونية - تتطابق مع تباينات الطاقة للأهداف الأرضية – بصورة رقمية قد تحول فيما بعد إلي صور مطبوعة. أي أن التصوير الجوي يتم باستخدام الأفلام ثم طباعة الصور الجوية علي الورق ثم تحويلها إلي صور رقمية فيما بعد ، بينما التصوير الفضائي يتم بصورة عكس ذلك حيث أن ناتج التصوير يكون أساسا في صورة رقمية يتم استخدامها في الحاسبات مباشرة ثم يمكن طباعتها إن كانت هناك حاجة لذلك. ومن هناك أصبح مصطلح الصور photos يطلق أساسا علي الصور الجوية بينما مصطلح المرئية الفضائية images يطلق علي صور الأقمار الصناعية.

أولا: الأقمار الصناعية الحكومية		
أسم القمر	الدولة	تاريخ الإطلاق
Landsat 7	أمريكي	١٥-٤-١٩٩٩م
Spot 5	فرنسي	٣-٥-٢٠٠٢م
IRS-5P	هندي	٥-٥-٢٠٠٥
Radarsat-2	كندي	١٤-١٢-٢٠٠٧م
EgyptSat-1	مصري	١٧-٤-٢٠٠٧م
Rasat	تركي	١٧-٨-٢٠١١م
ثانيا: الأقمار الصناعية التجارية		
أسم القمر	الشركة	تاريخ الإطلاق
IKONOS-2	Space Imaging Co.	٢٤-٩-١٩٩٩م
QuickBird-2	Digital Glob Inc.	١٨-١٠-٢٠٠١م
GeoEye-1	GeoEye Inc.	٦-٩-٢٠٠٨م



شكل (٥-١٨) أقمار صناعية

يعتمد التصوير الفضائي علي المحسات sensors وهي أجهزة تقوم بتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية سواء المنعكسة أو المنبعثة من الظاهرات الموجودة علي سطح الأرض ، وتقوم المحسات بتحويل هذه الطاقة المستقبلة إلي هيئة رقمية يتم تسجيلها علي أقراص صلبة. ويمكن تقسيم المحسات إلي نوعين: (١) محسات سالبة passive sensors تقوم علي استقبال الطاقة المنبعثة من سطح الأرض ، (٢) محسات موجبة positive sensorsn تقوم علي إرسال موجات معينة إلي سطح الأرض والتي تنعكس مرة أخري – عند اصطدامها بالأرض- وتسجيل هذه الموجات المنعكسة. تقع أغلبية المحسات المستخدمة في التصوير الفضائي تحت مجموعة المحسات السالبة ، بينما تشمل المحسات الموجبة التصوير الراداري المستخدم أساسا في قياس ارتفاعات تضاريس الأرض لتطوير نماذج الارتفاعات الرقمية.

يتم التقاط مرئيات الأقمار الصناعية في عدة موجات من موجات الطيف الكهرومغناطيسي. مصطلح الدقة الطيفية يطلق علي عدد الأطوال الموجية التي يلتقط كل قمر صناعي فيها مرئياته، أي إن المرئية الواحدة تتكون من مجموعة من الصور تلتقط كل صورة في مجال طيفي معين ثم يتم تجميعها في مرئية واحدة. هذا المبدأ من أهم مميزات التصوير الفضائي حيث إن كل مجال طيفي يستخدم في دراسة ظاهرة محددة. بالتالي فتختلف خصائص المرئيات من كل قمر صناعي طبقا لعدد الموجات للمرئية ، والجدول التالي يقدم بعض أمثلة لخصائص مرئيات بعض أقمار الاستشعار عن بعد.

القمر الصناعي	المجالات الطيفية	طول الموجة بالميكرومتر
Landsat TM	١ الأزرق	٠.٤٥ – ٠.٥٢
	٢ الأخضر	٠.٥٢ – ٠.٦٠
	٣ الأحمر	٠.٦٣ – ٠.٦٩
	٤ تحت الحمراء القريبة	٠.٧٦ – ٠.٩٠
	٥ تحت الحمراء المتوسطة	١.٥٥ – ١.٧٥
	٦ تحت الحمراء الحرارية	١٠.٤ – ١٢.٥
	٧ تحت الحمراء المتوسطة	٢.٠٨ – ٢.٣٥
Spot	١ الأخضر	٠.٥٠ – ٠.٥٩
	٢ الأحمر	٠.٦١ – ٠.٦٨
	٣ تحت الحمراء القريبة	٠.٧٩ – ٠.٨٩
	٤ ابيض و اسود	٠.٥١ – ٠.٧٣

دقة الوضوح المكانية Spatial Resolution تعبر عن مساحة الخلية الواحدة في كل مرئية فضائية ، أي أنها مساحة النقطة علي المرئية أو مساحة أقل جزء يمكن تمييزه بوضوح علي المرئية (ما هو أقل من هذه المساحة لن يكون واضحا). تختلف دقة الوضوح المكانية أو حجم الخلية pixel size من قمر صناعي لآخر. بناءا علي دقة الوضوح المكانية يمكن تصنيف الأقمار الصناعية إلي ٣ مجموعات: (أ) أقمار عالية الوضوح المكاني مثل القمر Ikonos ودرجة وضوحه تبلغ ١ متر والقمر QuickBird ودرجة وضوحه تبلغ ٠.٦١ متر، (ب) أقمار متوسطة الوضوح المكاني مثل القمر Landsat-7 ودرجة وضوحه تبلغ ٣٠ متر ، (ج) أقمار منخفضة الوضوح المكاني مثل القمر NOAA-17 ودرجة وضوحه تبلغ ١٠٠٠ متر.
من الممكن أن تختلف درجة الوضوح المكاني لمرئيات نفس القمر الصناعي في الأطياف الموجية المختلفة ، فمثلا درجة الوضوح المكاني للمرئيات الغير ملونة (أبيض و أسود) panchromatic للقمر الصناعي SPOT-٥ تبلغ ٢.٥ متر بينما المرئيات الملونة لنفس

القمر الصناعي تبلغ درجة وضوحها المكاني ١٠ متر. تستخدم المرئيات الفضائية عالية الوضوح المكاني في التخطيط الحضري للمدن و المشروعات المدنية وإنتاج الخرائط بينما تستخدم المرئيات متوسطة الوضوح المكاني في التخطيط الإقليمي لمناطق كبيرة والتطبيقات البيئية و الزراعية بينما تستخدم المرئيات منخفضة الوضوح المكاني في الأحوال الجوية وأرصاد الطقس. أيضا تختلف حجم المنطقة التي تغطيها المرئية الفضائية الواحدة من قمر صناعي لآخر ، فمثلا مرئية القمر الصناعي SPOT-5 تغطي ٦٠×٦٠ كيلومتر بينما مرئية القمر الصناعي Ikonos تغطي ١١×١١ كيلومتر و مرئية القمر الصناعي QuickBird تغطي ١٦×١٦ كيلومتر و مرئية القمر الصناعي Landsat-7 تغطي ١٨٥×١٧٠ كيلومتر.



شكل (٥-١٩) دقة الوضوح المكانية

تتم معالجة المرئيات الفضائية باستخدام برامج حاسوبية متخصصة software مثل برامج: Erdas Imagine, PCI, Geomedia. وتتكون خطوات معالجة المرئية Image Processing من عدة خطوات تشمل:

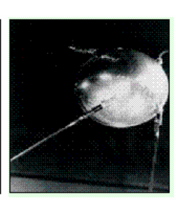
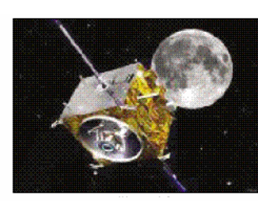
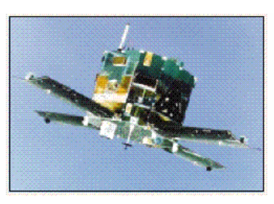
- التصحيح الهندسي Geometric Correction : لإزالة التشوهات الناتجة عن سرعة القمر الصناعي وانحناء سطح الأرض و انكسار الأشعة في الغلاف الجوي.
- التصحيح الراديومتري Radiometric Correction : لإزالة التشوهات الناتجة من أخطاء المحسات في القمر الصناعي أو تأثيرات طبقات الغلاف الجوي علي الموجات.
- إزالة الضجيج Noise Removal : لإزالة أي اضطراب غير مرغوب به من المرئية نجمت عن أي قصور في عملية التصوير.
- تحسين المرئية Image Enhancement : تحسين تباين المرئية وقدرتها علي إظهار التفاصيل.
- دمج المرئيات Image Merging : لجمع عدة مرئيات معا في حالة أن منطقة العمل تغطيها عدة مرئيات وليس مرئية واحدة.

تكون المرئيات الفضائية مرجعه جغرافيا Georeferenced أي أن إحداثيات المرئية تعتمد علي أحد نظم الإحداثيات المستخدمة في تمثيل سطح الأرض سواء كانت الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض) أو الإحداثيات المسقطة أو المترية مثل نظام UTM. يدل ذلك علي أن معلم محدد علي المرئية يمكن تحديد إحداثياته مباشرة من المرئية الفضائية. بعد معالجة المرئيات الفضائية يمكن تحويلها (من صورتها الشبكية Raster) إلي خرائط رقمية (في الصورة الخطية Vector) من خلال عملية الترقيم Digitizing أو تسمي أحيانا التحويل من الصيغة الشبكية للصيغة الخطية Raster to Vector Conversion . أحد هذه الأساليب ما يعرف بأسم الترقيم من الشاشة On-screen digitizing حيث تكون المرئية كخلفية علي شاشة الكمبيوتر ثم يتم استخدام فارة الحاسب Mouse كقلم يمر علي حدود كل معلم ليقوم برسمه في ملف رقمي أو طبقة ، أو باستخدام برامج متخصصة لتحويل المرئية من الصورة الخلوية إلي الصورة الخطية Automatic Vectorization (مثل برنامج R2V). بالتالي فأن الخريطة الرقمية المنتجة من المرئية الفضائية تكون أيضا مرجعة جغرافيا وتعتمد علي إحداثيات حقيقية. ثم نضيف أسماء المعالم الجغرافية (مثل أسماء الشوارع) إلي هذه الطبقة لنحصل علي خريطة مساحية دقيقة.

٥-٣ النظام العالمي لتحديد المواقع

٥-٣-١ الأقمار الصناعية

مع بداية النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي دخلت المعرفة البشرية منعطفا تقنيا جديدا حيث أستطاع الإنسان أن يرسل أجساما معدنية إلي خارج نطاق الغلاف الجوي لكوكب الأرض، وهي الأجسام التي أصطلح علي تسميتها بالأقمار الصناعية Satellites. يعد إطلاق القمر الصناعي الروسي الأول "سبوتنيك-١ Sputbik-1" في ٤ أكتوبر ١٩٥٧ هو إعلان دخول الإنسان لعصر الأقمار الصناعية. هذا و قد بدأ إطلاق الأقمار الصناعية و غزو الفضاء – بصفة عامة – بعد أن تطورت عدة تقنيات و خاصة الصواريخ و الرادار ، فالصاروخ هو الوسيلة لإيصال القمر الصناعي إلي الفضاء (كان أول صاروخ يطلق للفضاء بواسطة فريق علماء ألمان بقيادة براون في عام ١٩٣٤) و الرادار مهم لتعقب القمر و معرفة موقعه ، كما ساهم التطور في الحاسبات الآلية و أنظمة الاتصالات في الإسراع بالدخول إلي عصر الفضاء.


شكل (٥-٢٠) بعض الأقمار الصناعية

يمكن تقسيم الأقمار الصناعية – بصفة عامة – إلي ثلاثة مجموعات أو أنواع:

أ- أقمار صناعية ملاحية Navigation Satellites يكون هدفها الأساسي تقديم تقنيات ووسائل دقيقة لعمليات الملاحة بين موقعين (سواء الملاحة الأرضية أو البحرية أو الجوية أو حتى الملاحة الفضائية) ، وتأتي في هذه المجموعة من الأقمار الصناعية نظم أو تقنيات مثل نظام الجي بي أس GPS و نظام جاليليو Galileo و نظام دوبلر Doppler و نظام جلوناس GLONASS.

ب- أقمار صناعية للاتصالات Communication Satellites وهي أقمار تساعد في نقل البيانات (مثل البث الإذاعي و التلفزيوني) وتوزيعها علي أجزاء كبيرة من سطح الأرض لتتغلب علي مشكلة كروية الأرض التي تعيق النقل المباشر الأرضي لهذه البيانات. ومن أمثلة هذه النوعية من الأقمار الصناعية: النيل سات و العرب سات المستخدمين في البث التلفزيوني.

ت- أقمار صناعية لدراسة موارد الأرض Earth Resources Satellites ومنها أقمار صناعية خاصة بدراسة البحار و أخري خاصة بدراسة الطقس و ثالثة مخصصة للتصوير الفضائي أو ما يعرف الآن بأقمار الاستشعار عن بعد Remote Sensing Satellites.

تطورت نظم الملاحة بالأقمار الصناعية مع إطلاق نظام الملاحة الأمريكي Navy Navigation Satellite System الذي عرف باسم ترانزيت Transit وأيضا باسم نظام دوبلر Doppler - في الستينات من القرن العشرين الميلادي، وكان الهدف الرئيسي منه تحديد مواقع القطع البحرية في البحار و المحيطات والمعرفة الدقيقة لإحداثيات المواقع الإستراتيجية.

وبالرغم من هذه الأهداف العسكرية إلا أن المهندسين المدنيين قد استخدموا هذا النظام في العديد من التطبيقات المساحية وخاصة إنشاء شبكات الثوابت الأرضية الدقيقة. أعتمد نظام الدوبلر علي عدد من الأقمار الصناعية التي تدور علي ارتفاع حوالي ١٠٠٠ كيلومتر من سطح الأرض حيث يكمل كل قمر دورة كاملة حول الأرض في مدة تبلغ ١٠٧ دقيقة وكانت دقة تحديد المواقع الأرضية اعتمادا علي هذا النظام في حدود ٣٠-٤٠ متر. ومع أن أقمار الدوبلر تغطي معظم أنحاء الأرض إلا أن عددها (٦ أقمار صناعية فقط) لم يكن يسمح بتواصل الإشارات طوال ٢٤ ساعة يوميا – بل لعدة ساعات طبقا للموقع المطلوب علي الأرض – مما لم يلبي حاجة مستخدمي النظام سواء العسكريين أو المدنيين وأدي ذلك إلي بدء وزارة الدفاع الأمريكية - مع بداية السبعينات - في تطوير نظام ملاحي آخر.

٥-٣-٢ تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع: الجي بي أس

بدأت عدة جهات علمية و حكومية اقتراح نظم جديدة و في عام ١٩٦٩ قامت وزارة الدفاع بإنشاء برنامج جديد تحت اسم البرنامج العسكري للملاحة بالأقمار الصناعية DNSS لتوحيد الجهود وراء إطلاق نظام ملاحي جديد. وبالفعل تم اقتراح تقنية جديدة تحت اسم "النظام العالمي الملاحي لتحديد المواقع بقياس المسافة و الزمن باستخدام الأقمار الصناعية NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System" أو اختصارا باسم NAVSRAT GPS ، إلا أنه عرف علي نطاق واسع – بعد ذلك – باسم النظام العالمي لتحديد المواقع أو اختصارا "جي بي أس GPS". تم إطلاق أول قمر صناعي في هذا النظام في ٢٢ فبراير ١٩٧٨ وفي ٨ ديسمبر ١٩٩٣ تم إعلان اكتمال النظام مبدئيا Initial Operational Capability (IOC) ، أما الإعلان النهائي لاكتمال النظام رسميا Fully Operational Capability (FOC) فقد كان في ٢٧ أبريل ١٩٩٥. وفي بدايته كان الجي بي أس مقصورا علي الاستخدامات العسكرية للقوات المسلحة الأمريكية وحلفاؤها حتى أعلن الرئيس الأمريكي ريجان في عام ١٩٨٤ السماح للمدنيين باستخدامه (لكن ليس جميع مميزاته أو مستوي الدقة العالية في تحديد المواقع !). ويدار الجي بي أس من خلال وزارة الدفاع الأمريكية وهي الجهة المسئولة عن إطلاق الأقمار الصناعية و مراقبتها و التأكد من كفاءة تشغيلها واستبدالها كل فترة زمنية بحيث تكون إشارات هذه التقنية متاحة ٢٤ ساعة يوميا وعلي مدار كل الأيام لجميع المستخدمين علي سطح الأرض. وفي عام ١٩٩٦ تم تكوين لجنة عليا تضم عدد من الوزارات الأمريكية لكي تشرف علي نظام الجي بي أس و تضع السياسات المستقبلية اللازمة ، وسميت باللجنة التنفيذية مابين الوزارات Inter-Agency GPS Executive Board أو اختصارا IGEB (الرابط علي شبكة الانترنت في: http://www.igeb.gov/charter.shtml).

تشتمل تقنية الجي بي أس علي العديد من المميزات التي ساعدت علي انتشارها بصورة لم يسبق لها مثيل ومنها:

- متاح طوال ٢٤ ساعة يوميا ليلا و نهارا وعلي مدار العام كله.
- يغطي جميع أنحاء الأرض.
- لا يتأثر بأية ظروف مناخية مثل درجات الحرارة و المطر و الرطوبة والرعد و البرق و العواصف.
- الدقة العالية في تحديد المواقع لدرجة تصل إلي ملليمترات في بعض التطبيقات و طرق الرصد الجيوديسية أو دقة أمتار قليلة للتطبيقات الملاحية.

- الوفرة الاقتصادية بحيث أن تكلفة استخدام الجي بي أس تقل بنسبة أكبر من ٢٥% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أرضي أو فضائي آخر.
- لا يحتاج لخبرة تقنية متخصصة لتشغيل أجهزة الاستقبال (وخاصة المحمولة يدويا) لدرجة أن بعض مستقبلات الجي بي أس أصبحت تدمج في الساعات اليدوية و أجهزة الاتصال التليفوني.

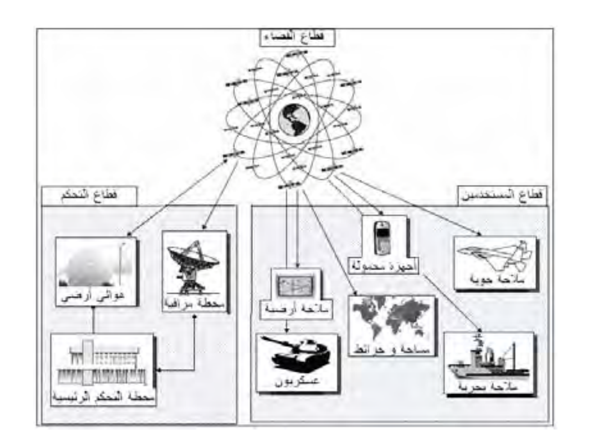
تعددت التطبيقات المساحية لتقنية الجي بي أس بصورة كبيرة في السنوات الماضية وتشمل بعضها:

١. إنشاء الشبكات الجيوديسية للثوابت الأرضية الدقيقة وتكثيف الشبكات القديمة منها (عن طريق إضافة محطات جديدة لها).
٢. رصد تحركات القشرة الأرضية.
٣. رصد إزاحة أو هبوط المنشئات الحيوية كالكباري و الجسور و السدود و القناطر.
٤. أعمال الرفع المساحي التفصيلي و الطبوغرافي.
٥. إنتاج خرائط طبوغرافية و تفصيلية دقيقة و في صورة رقمية.
٦. تحديد المواقع لعلامات الضبط الأرضي للصور الجوية Aerial Photogrammetry و المرئيات الفضائية لنظم الاستشعار عن بعد Remote Sensing.
٧. تطبيقات المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry.
٨. تطوير نماذج الجيويد الوطنية بالتكامل مع أسلوب الميزانية الأرضية.
٩. تجميع البيانات المكانية عند استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems أو GIS ، وخاصة لتطبيقات تحديد مواقع الخدمات المدنية Location-Based Services وتطبيقات النقل الذكي Intelligent Transportation وأيضا تطبيقات نظم معلومات الأراضي Land Information Systems أو LIS.
١٠. الربط بين المراجع الجيوديسية المختلفة للدول في حالات المشروعات الحدودية المشتركة.
١١. نظم الخرائط المحمولة Mobile Mapping Systems أو MMS.
١٢. الرفع الهيدروجرافي و تطوير الخرائط البحرية و النهرية.
١٣. تثبيت و توثيق مواقع العلامات الحدودية بين الدول.
١٤. بدمج تقنيتي الجي بي أس و نظم المعلومات الجغرافية أمكن إنتاج خرائط رقمية و قواعد بيانات محمولة يدويا للمدن بكافة تفاصيلها و خدماتها.

٥-٣-٣ مكونات نظام الجي بي أس

يتكون نظام الجي بي أس من ثلاثة أجزاء أو أقسام (شكل ٥-١٥) هي:

- قسم الفضاء ويحتوي الأقمار الصناعية Space Segment.
- قسم التحكم و السيطرة Control Segment.
- قسم المستقبلات الأرضية أو المستخدمون User Segment.

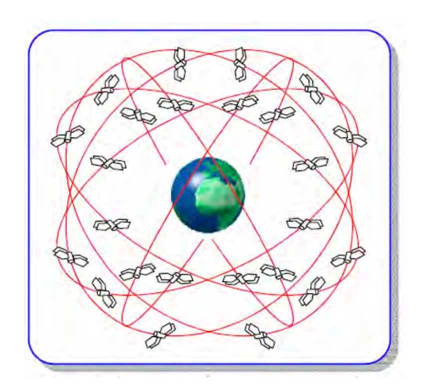


شكل (٥-٢١) أقسام الجي بي أس

وسنستعرض الملامح الرئيسية لكل قسم من هذه الأقسام الثلاثة.

<u>قسم الفضاء أو الأقمار الصناعية:</u>

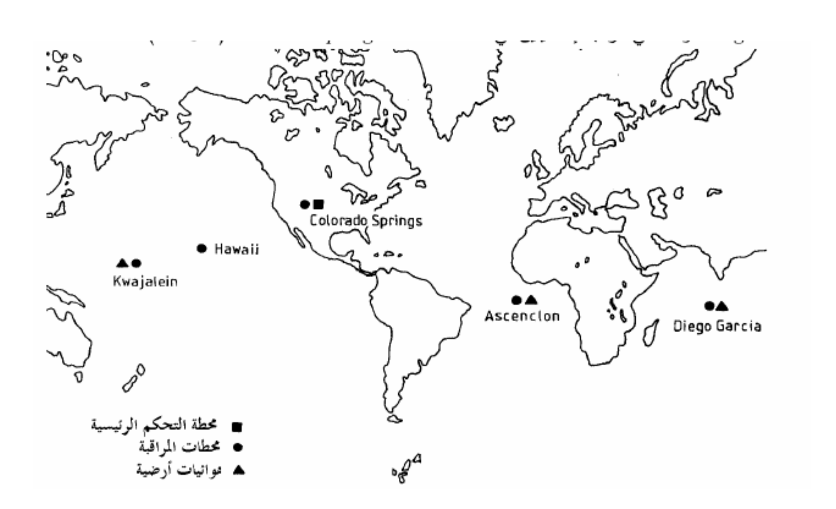
يتكون قسم الفضاء - اسميا - من ٢٤ قمرا صناعيا (٢١ قمر عامل + ٣ أقمار احتياطية spare موجدة في الفضاء) موزعة في ٦ مدارات بحيث يكون هناك ٤ أقمار صناعية في كل مدار مما يسمح بالتغطية الدائمة (أي وجود علي الأقل ٤ أقمار صناعية) لكل موقع علي سطح الأرض في أي لحظة طوال اليوم (شكل ١٥-٦). وقد يصل عدد الأقمار الصناعية في وقت معين إلي ما هو أكثر من ٢٤ قمرا طبقا لخطة إطلاق الأقمار الصناعية. وتدور الأقمار الصناعية في مدارات شبه دائرية علي ارتفاع حوالي ٢٠٢٠٠ كيلومتر من سطح الأرض ليكمل كل قمر صناعي دورة كاملة حول الأرض في مدة ١١ ساعة و ٥٦ دقيقة بالتوقيت الزمني الأرضي العالمي GMT. ويتراوح وزن القمر الصناعي بين ٤٠٠ و ٨٥٠ كيلوجرام ويبلغ عمره الافتراضي (للأجيال الحديثة من الأقمار الصناعية) حوالي سبعة سنوات و نصف، ويستمد طاقته من خلال صفيحتين لالتقاط الطاقة الشمسية بالإضافة لوجود ثلاثة بطاريات احتياطية من النيكل تزوده بالطاقة عندما يمر بمنطقة ظل الأرض. ويقوم كل قمر صناعي بتوليد موجتين علي ترددين مختلفين Frequency يسموا L1 و L2 بالإضافة لشفرتين Codes و رسالة ملاحية Navigation Message يتم بثهم علي هذين الترددين. كما يحتوي كل قمر علي عدد من الساعة الذرية Atomic Watch سواء من نوع السيزيوم cesium أو الرابيديوم rubidium.



شكل (٥-٢٢) قطاع الفضاء في تقنية الجي بي أس

قسم التحكم و المراقبة:

يتكون قسم التحكم و المراقبة من محطة التحكم الرئيسية في ولاية كلورادو الأمريكية وأربعة محطات مراقبة في عدة مواقع حول العالم (شكل ١٥-٨). تستقبل محطات المراقبة كل إشارات الأقمار الصناعية وتحسب منها المسافات لكل الأقمار المرصودة وترسل هذه المعطيات بالإضافة لقياسات الأحوال الجوية إلي محطة التحكم الرئيسية والتي تستخدم هذه البيانات في حساب المواقع اللاحقة للأقمار وسلوك (تصحيحات) ساعاتها وبالتالي تكون الرسالة الملاحية لكل قمر صناعي. تقوم محطة التحكم الرئيسية بعمل التصحيحات اللازمة لمدارات الأقمار الصناعية وكذلك تصحيح ساعات الأقمار ، ثم تقوم بإرسال هذه المعلومات للأقمار الصناعية (مرة كل ٢٤ ساعة) والتي تقوم بتعديل مساراتها و أزمانها وبعد ذلك ترسل هذه البيانات المصححة كإشارات إلي أجهزة الاستقبال الأرضية.



شكل (٥-٢٣) قسم التحكم و السيطرة

قسم المستقبلات الأرضية:

يضم هذا القطاع أجهزة استقبال الجي بي أس (مستخدمو النظام) التي تستقبل إشارات الأقمار الصناعية وتقوم بحساب موقع – إحداثيات – المكان الموجود به المستقبل سواء علي الأرض أو في الجو أو في البحر ، بالإضافة لسرعة واتجاه حركة المستقبل إن كان متحركا أثناء فترة الرصد (شكل ١٥-٩). بصفة عامة يتكون جهاز الاستقبال من: هوائي مع مضخم إشارة ، وحدة تردد راديوي أو لاقط الإشارات، مولد ترددات ، وحدة تأمين الطاقة الكهربائية ، وحدة التحكم للمستخدم ، بالإضافة إلي وحدة ذاكرة لتخزين القياسات. تتعدد أنواع أجهزة الاستقبال بصورة كبيرة جدا طبقا لعدد من العوامل:

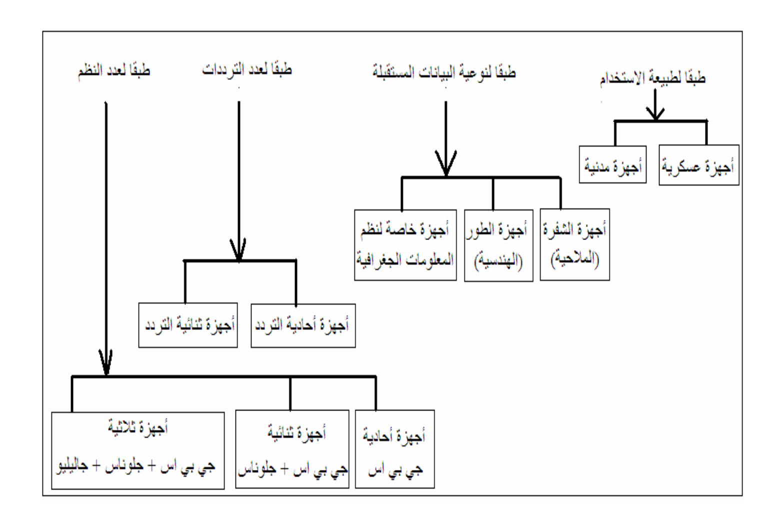
أ- طبقا لطبيعة الاستخدام: توجد أجهزة استقبال عسكرية (تستطيع التعامل مع الشفرة العسكرية التي تبثها الأقمار الصناعية وتفك شفرتها للحصول علي دقة عالية جدا في حساب المواقع) وأجهزة استقبال مدنية.

ب- طبقا لنوعية البيانات المستقبلة: توجد مستقبلات تسمي بأجهزة الشفرة Code ومشهورة أيضا باسم الأجهزة الملاحية Navigation Receivers أو الأجهزة المحمولة يدويا Hand-Held Receivers ، وتوجد أجهزة تسمي بأجهزة قياس الطور Phase ومعروفة أيضا باسم الأجهزة الهندسية أو الجيوديسية Geodetic Receivers ،

وظهرت حديثا الفئة الثالثة من الأجهزة والتي أطلق عليها أجهزة تجميع البيانات لنظم المعلومات الجغرافية GIS-Specific Receivers (شكل ١٥-١٠).

ج- طبقا لعدد الترددات: توجد أجهزة تستقبل تردد واحد من الترددين الذين تبثهما الأقمار الصناعية وتسمي أجهزة أحادية التردد Single-Frequency Receivers أو أجهزة التردد الأول L1-Receivers ، وأجهزة ثنائية التردد Dual-Frequency Receivers التي تستطيع استقبال كلا ترددي الجي بي أس L1 and L2 (وهي أغلي قليلا من الأجهزة أحادية التردد).

د- طبقا لعدد النظم: هناك أجهزة تتعامل فقط مع إشارات نظام الجي بي أس ، وأجهزة ثنائية النظام تستقبل الإشارات من كلا من الجي بي أس و النظام الملاحي الروسي جلوناس، وأجهزة ثلاثية النظم حيث يمكنها أيضا استقبال إشارات النظام الملاحي الأوروبي جاليليو عند بدء العمل به،



شكل (٥-٢٤) أنواع أجهزة استقبال الجي بي أس



شكل (٥-٢٥) بعض أجهزة استقبال الجي بي أس

٥-٣-٤ فكرة عمل الجي بى أس في تحديد المواقع:

تعتمد نظرية عمل نظم الملاحة أو الجيوديسيا بالأقمار الصناعية علي مبدأ قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الراديوية منذ صدورها من وحدة البث (القمر الصناعي) وحتى وصولها لوحدة الاستقبال (المستقبل) ، ومن ثم يمكن حساب المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال من المعادلة:

$$D = c \, . \, \Delta t \qquad (5\text{-}10)$$

حيث D المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال ، c سرعة الإشارة وتساوي سرعة الضوء = ٢٩٩٧٩٢.٤٥٨ كيلومتر/ثانية ، Δt فرق الزمن = زمن الاستقبال – زمن الإرسال لهذه الموجة الراديوية.

يمكن التعبير عن هذه المسافة بدلالة الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية لكلا من القمر الصناعي (Xs, Ys, Zs) و جهاز الاستقبال (Xr, Yr, Zr) كالآتي:

$$D = \sqrt{\,[\,(Xs-Xr)^2 + (Ys-Yr)^2 + (Zs-Zr)^2\,]} \qquad (5\text{-}11)$$

حيث أن إحداثيات القمر الصناعي في أي لحظة تكون معلومة فأن المعادلة (٣-١٥) تحوي علي ٣ قيم مجهولة وهم إحداثيات جهاز الاستقبال ذاته (Xr, Yr, Zr). مما يدل علي أنه يلزم وجود ٣ معادلات حتى يمكن حلهم معا آنيا simultaneously لحساب قيم الإحداثيات الثلاثة لجهاز الاستقبال. أي بمعني آخر: يلزم لجهاز الاستقبال رصد ٣ أقمار صناعية في نفس اللحظة.

حيث أن سرعة الإشارة (سرعة الضوء) كبيرة جدا فأنه للوصول لدقة عالية في حساب المسافة يلزمنا دقة عالية أيضا في قياس الزمن أو حساب فرق الزمن Δt. لاحظ أن الإشارة لا تستغرق أكثر من ٠.٠٦ ثانية لتقطع مسافة ٢٠،٠٠٠ كيلومتر من القمر الصناعي إلي سطح الأرض. إن الساعة الموجودة في القمر الصناعي من النوع الذري عالي الدقة جدا في تحديد زمن الإرسال (زمن خروج الإشارة من القمر الصناعي) لكن الساعة الموجودة في جهاز الاستقبال ليست بنفس هذه الدقة العالية (وإلا فأن سعرها سيكون مرتفعا جدا بصورة تجعل سعر أجهزة الاستقبال غير متاحة لكل المستخدمين). أبتكر العلماء فكرة جديدة وذكية للتغلب علي مشكلة عدم دقة الساعة في أجهزة الاستقبال ، وهي إضافة قيمة الخطأ في ساعة المستقبل وحلها من خلال معادلة رياضية:

$$D = c \, . \, (\Delta t + Et) \qquad (5\text{-}12)$$

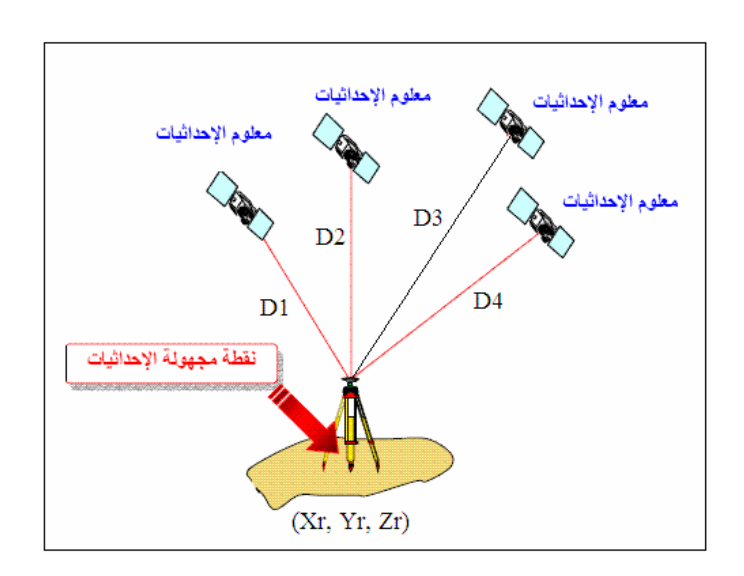
$$D + \Delta D = \sqrt{\,[\,(Xs-Xr)^2 + (Ys-Yr)^2 + (Zs-Zr)^2\,]} \qquad (5\text{-}13)$$

حيث Et هو الخطأ المطلوب حسابه لزمن الاستقبال الذي يقيسه جهاز المستقبل ، ΔD هو قيمة الخطأ في المسافة المحسوبة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال. وبالتالي فأن عدد القيم المجهولة Unknowns أصبح ٤ وليس ٣ (ثلاثة إحداثيات لموقع جهاز الاستقبال Xr, Yr, Zr وتصحيح المسافة الناتج عن خطأ ساعة الجهاز ΔD) مما يلزم وجود ٤ معادلات حتى يمكن حساب قيم العناصر الأربعة المجهولة:

$$D_1 + \Delta D_1 = \sqrt{[(Xs_1-Xr)^2 + (Ys_1-Yr)^2 + (Zs_1-Zr)^2]}$$
$$D_2 + \Delta D_2 = \sqrt{[(Xs_2-Xr)^2 + (Ys_2-Yr)^2 + (Zs_2-Zr)^2]} \quad (5\text{-}14)$$
$$D_3 + \Delta D_3 = \sqrt{[(Xs_3-Xr)^2 + (Ys_3-Yr)^2 + (Zs_3-Zr)^2]}$$
$$D_4 + \Delta D_4 = \sqrt{[(Xs_4-Xr)^2 + (Ys_4-Yr)^2 + (Zs_4-Zr)^2]}$$

حيث D_1, D_2, D_3, D_4 المسافات المقاسة بين جهاز الاستقبال و الأقمار الصناعية الأربعة ، (Xs_1, Ys_1, Zs_1) و (Xs_2, Ys_2, Zs_2) و (Xs_3, Ys_3, Zs_3) و (Xs_4, Ys_4, Zs_4) تمثل إحداثيات الأقمار الصناعية الأربعة ، (Xr, Yr, Zr) تمثل إحداثيات جهاز الاستقبال ، Er يمثل خطأ زمن جهاز الاستقبال.

إذن: المطلوب لحل مجموعة المعادلات هذه هو أن يقوم جهاز الاستقبال برصد ٤ أقمار صناعية في نفس اللحظة. وهذا هو ***الشرط الأساسي*** لحساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد باستخدام الجي بي أس (نكتفي برصد ٣ أقمار صناعية فقط لحساب الإحداثيات ثنائية الأبعاد أي بإهمال حساب ارتفاع الموقع). فإذا توفر لدينا عدد من المعادلات أكبر من ٤ (أي تم رصد أكثر من ٤ أقمار صناعية في نفس اللحظة) فستؤدي هذه الأرصاد الزائدة Redundant Measurement إلي زيادة دقة و جودة حل المعادلات ومن ثم زيادة دقة الإحداثيات المستنبطة.



شكل (٥-٢٦) مبدأ الرصد في نظام الجي بي أس

<u>٥-٣-٥ إشارات الأقمار الصناعية في الجي بي أس:</u>

يقوم كل قمر صناعي من أقمار الجي بي أس بإرسال إشارتين راديوتين علي ترددين carrier frequencies ومحمل عليهما نوعين من الشفرات الرقمية digital codes بالإضافة لرسالة ملاحية navigation message. يبلغ تردد الإشارة الأولي – تسمي L1 – ١٥٧٥.٤٢ ميجاهرتز بينما يبلغ تردد الإشارة الثانية – تسمي L2 – ١٢٢٧.٦٠ ميجاهرتز. كما يبلغ طول الموجة wavelength لتردد L1 ١٩ سنتيمتر بينما يبلغ ٢٤.٤ سنتيمتر لتردد L2. السبب الرئيسي وراء وجود ترددين صادرين من كل قمر صناعي هو تقدير و حساب

الخطأ الذي تتعرض له الإشارات عند مرورها في طبقات الغلاف الجوي (سنتعرض للأخطاء بالتفصيل لاحقا). أما طريقة وضع modulation الشفرة علي التردد الحامل له فتختلف من قمر صناعي لآخر حتى يتم تقليل أخطاء تداخل الإشارات.

الشفرة الأولي تسمي شفرة الحصول الخشن Coarse-Acquisition Code وترمز لها بالرمز C/A وأحيانا نسميها الشفرة المدنية (لأنها المتاحة للأجهزة المدنية للتعامل معها وقراءة محتوياتها) ، بينما الشفرة الثانية تسمي الشفرة الدقيقة Precise Code ويرمز لها بالرمز P والبعض يطلق عليها أحيانا اسم الشفرة العسكرية (لان التعامل معها وقراءتها لا يتم إلا باستخدام أجهزة استقبال خاصة غير متاحة إلا لأفراد الجيش الأمريكي). تتكون كل شفرة من سيل من الأرقام صفر و واحد ، ولذلك تعرف الشفرة بمصطلح الضجة العشوائية الزائفة Pseudo Random Noise أو PRN لان الشفرة تشبه الإشارة العشوائية ، لكن في الحقيقة فأن الشفرة يتم توليدها من خلال نموذج رياضي وليست عشوائية. تحمل شفرة C/A علي التردد الأول L1 فقط بينما تحمل الشفرة P علي كلا الترددين L1, L2. تجدر الإشارة – دون الدخول في تفاصيل فنية معقدة – أن الشفرة P أدق كثيرا من الشفرة C/A ولذلك فقد تم منع إمكانية قراءتها من قبل المستخدمين المدنيين منذ فبراير ١٩٩٤ وقصرها فقط علي التطبيقات العسكرية للولايات المتحدة الأمريكية و حلفاؤها (عن طريق إضافة قيم مجهولة لها تسمي W-code بحيث تتغير الشفرة من P إلي ما يسمي الشفرة Y-code).

وبذلك يمكن القول أن نظام الجي بي أس يقدم نوعين من الخدمات:

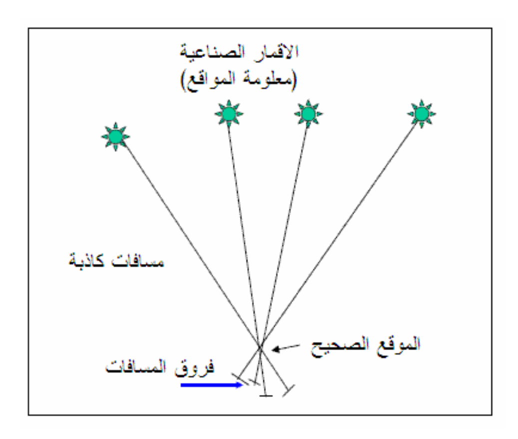
١. خدمة التحديد القياسي للمواقع Standard Positioning Service أو اختصارا SPS والتي تعتمد علي استقبال و قراءة واستخدام البيانات من الشفرة المدنية C/A ، ولذلك تسمي هذه الخدمة بالخدمة المدنية.
٢. خدمة التحديد الدقيق للمواقع Precise Positioning Service أو اختصارا PPS والتي تعتمد علي استقبال و قراءة واستخدام البيانات من الشفرة الدقيقة P ولذلك تسمي هذه الخدمة بالخدمة العسكرية.

٥-٣-٦ أرصاد الجي بي أس:

إن دراسة الأرصاد (أساليب القياس) التي يوفرها نظام الجي بي أس من الأهمية لمستخدم هذه التقنية حتى يلم بطرقها المختلفة ودقة تحديد الموقع الممكن الوصول إليها في كل نوع من الأرصاد المستخدمة. يوفر نظام الجي بي أس أربعة أنواع من الأرصاد (أو طرق قياس المسافات بين جهاز الاستقبال و الأقمار الصناعية) إلا أن نوعين فقط هما الشائعي الاستخدام والمطبقين في أجهزة الاستقبال ، وهما المسافة الكاذبة باستخدام الشفرة (البعض يسميها أشباه المسافات) و فرق طور الإشارة الحاملة. تختلف دقة تحديد المواقع بدرجة كبيرة جدا باختلاف نوع الأرصاد ، فالأجهزة الملاحية تطبق طريقة المسافة الكاذبة ودقتها في حساب الإحداثيات بحدود عدة أمتار بينما تطبق الأجهزة الجيوديسية أسلوب فرق طور الإشارة الحاملة لتصل إلي مستوي عدة سنتيمترات في دقة تحديد المواقع. وسنتعرض لكلا نوعي الأرصاد في الأجزاء التالية.

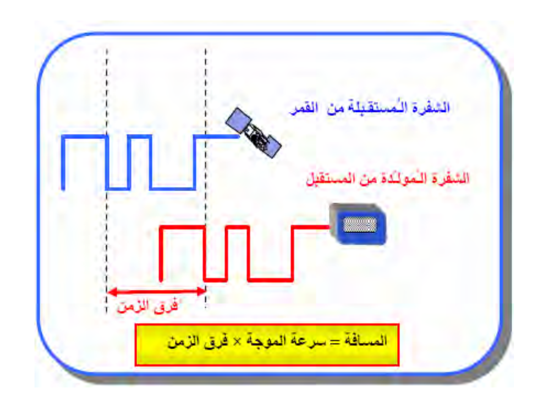
٥-٣-٦-١ أرصاد المسافة الكاذبة باستخدام الشفرة:

يعتمد هذا الأسلوب أو هذا النوع من أرصاد الجي بي أس علي الفكرة البسيطة التي تعرضنا إليها سابقا وهي أن المسافة بين جهاز الاستقبال و القمر الصناعي تساوي سرعة الإشارة مضروبة في الزمن المستغرق. لكن بسبب وجود عدة مصادر للأخطاء فأن هذه المسافة المحسوبة لن تساوي المسافة الحقيقية بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال ، ولذلك تسمي المسافة الكاذبة Pseudorange.



شكل (٥-٢٧) مبدأ المسافات الكاذبة

لقياس المسافة الكاذبة يقوم جهاز الاستقبال بتطوير شفرة داخله (سواء الشفرة المدنية C/A أو الشفرة العسكرية الدقيقة P طبق لنوع جهاز الاستقبال ذاته) مماثلة للشفرة التي يستقبلها من القمر الصناعي. بمقارنة كلا الشفرتين يمكن حساب فرق الزمن الذي استغرقته الإشارة منذ صدورها من القمر الصناعي وحتى وصولها لجهاز الاستقبال ، ومن ثم يمكن حساب قيمة المسافة الكاذبة.



شكل (٥-٢٨) طريقة قياس المسافة الكاذبة باستخدام الشفرة

من أهم مميزات ها النوع من أرصاد تقنية الجي بي أس أنه لا يتطلب مواصفات تقنية عالية تدخل في تصنيع أجهزة الاستقبال ، فاستخدام الشفرة لا يتطلب أجزاء الكترونية متقدمة وبالتالي فأن سعر جهاز الاستقبال لن يكون غاليا. ومن هنا فأن جميع أجهزة الاستقبال الملاحية

Navigation أو المحمولة يدويا Hand-Held تطبق أسلوب المسافة الكاذبة باستخدام الشفرة في تحديد المواقع.

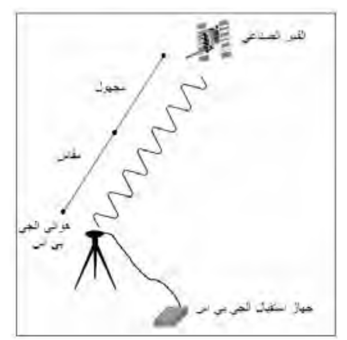
على الجاني الآخر فأن أهم عيوب هذا النوع من أرصاد الجي بي أس يتمثل في أن الدقة المتوقعة لتحديد المواقع بهذا الأسلوب لن تكون عالية الدقة. يمكن تقدير دقة أرصاد المسافة الكاذبة بقيم تتراوح بين ±٦ متر (عند انحراف معياري 1σ أي بنسبة احتمال تبلغ ٦٨.٣%) و ±١٩ متر (عند انحراف معياري 3σ أي بنسبة احتمال تبلغ ٩٩.٧%) للإحداثيات الأفقية ، بينما ستكون الدقة أكبر من هذه الحدود في الاحداثي الرأسي (من ±١١ إلي ±٤٢ متر). وبالطبع فقد تكون هذا الدقة في تحديد المواقع مناسبة للأعمال الاستكشافية و الجغرافية والخرائط ذات مقياس الرسم الصغير و بعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ، إلا أنها دقة غير مناسبة للأعمال المساحية و الجيوديسية.

تجدر الإشارة إلي أن هذا النوع من أرصاد الجي بي أس يسمي أيضا التحديد المطلق للنقطة Absolute Point Positioning حيث أنه يعتمد علي استخدام جهاز استقبال واحد فقط لتحديد موقع أو إحداثيات النقطة المرصودة في نفس لحظة رصدها.

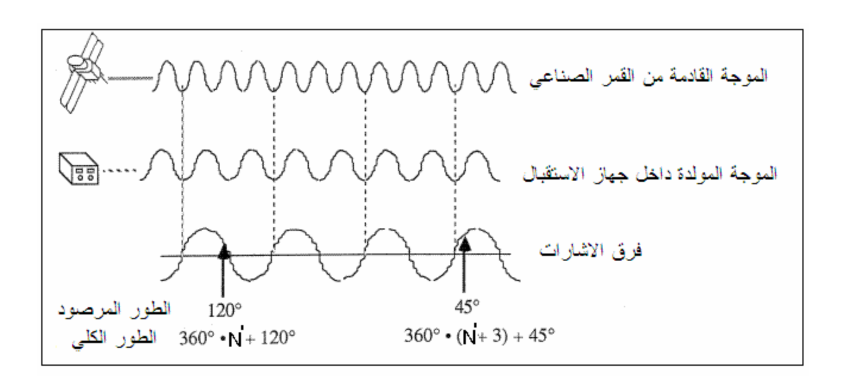
٥-٣-٦-٢ أرصاد فرق طور الإشارة الحاملة:

يقوم جهاز الاستقبال (الجيوديسي النوع) بتطوير موجة داخلية ثابتة تشبه الموجة التي يبثها القمر الصناعي ، ثم يقوم بمقارنة طور phase كلا الموجتين عن طريق قياس فرق الطور carrier phase or carrier beat phase والذي يكون دالة في المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال في لحظة الرصد. لكن هذا الفرق في الطور يتكون من جزأين: (١) العدد الصحيح integer للموجات الكاملة ، (٢) أجزاء الموجات عند كلا من جهاز الاستقبال و القمر الصناعي. وهنا تأتي أهم المشاكل التي تواجه نوع هذه الأرصاد: جهاز الاستقبال يستطيع وبكل دقة قياس أجزاء الموجات لكنه لا يستطيع تحديد عدد الموجات الكاملة. ومن ثم فأن العدد الصحيح للموجات الكاملة ويسمي الغموض الصحيح Integer Ambiguity أو اختصارا الغموض Ambiguity (N') يتم اعتباره قيمة مجهولة مطلوب حسابها أثناء إجراء حسابات تحديد المواقع (شكل ١٥-١٥ وشكل ١٥-١٦).





شكل (٥-٢٩) أرصاد فرق طور الموجة الحاملة



شكل (٥-٣٠) كيفية قياس فرق طور الموجة الحاملة

من عيوب ها النوع من أرصاد تقنية الجي بي أس أنه يتطلب مواصفات تقنية عالية تدخل في تصنيع أجهزة الاستقبال ، فتوليد موجة داخل أجهزة الاستقبال يتطلب أجزاء الكترونية متقدمة وبالتالي فأن سعر جهاز الاستقبال سيكون غاليا مقارنة بأجهزة قياس المسافات الكاذبة. ومن هنا فأن أجهزة الاستقبال الملاحية Navigation أو المحمولة يدويا Hand-Held لا تطبق هذا الأسلوب ، إنما هو فقط مطبق في تحديد المواقع باستخدام الأجهزة الجيوديسية.

علي الجاني الآخر فأن أهم مميزات أرصاد الجي بي أس باستخدام فرق طور الإشارة الحاملة يتمثل في أن الدقة المتوقعة لتحديد المواقع بهذا الأسلوب تكون عالية. فالقاعدة العامة أن أقل مسافة يمكن قياسها بهذا النوع من الأرصاد = (٢/٣٦٠) من طول الموجة ، فمثلا طول موجة التردد الأول L1 = ١٩ سنتيمتر ، مما يسمح لنا بقياس مسافات تصل إلي ١ ملليمتر. وبالطبع فأن هذا المستوي العالي من الدقة في تحديد المواقع مناسبة للأعمال المساحية و الجيوديسية.

٥-٣-٧ نموذج لتشغيل أجهزة الجي بي أس الملاحية:

تجدر الإشارة إلي أن **كل أجهزة الجي بي أس الملاحية أو المحمولة يدويا تعطى نفس الدقة** في الإحداثيات مهما أختلف نوع الجهاز أو مواصفاته. يظن البعض أن مواصفات الجهاز (حجم الشاشة و حجم الذاكرة الداخلية وسعة البطارية .... الخ وأيضا ارتفاع سعر الجهاز) قد تعني دقة أفضل، وهذا ظن خاطئ تماما. كما سبق القول أن أجهزة الجي بي أس إما (١) أجهزة هندسية نعطي دقة سنتيمترات، أو (٢) أجهزة ملاحية تعطي دقة عدة أمتار (أقل من ٨ متر) أو (٣) أجهزة مخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية تعطي دقة أقل من متر واحد. يجب علي الجميع وضع هذه القاعدة في الاعتبار حيث أن أسعار أجهزة الجي بي أس الملاحية أو المحمولة يدويا تتراوح بين ٥٠ و ٥٠٠ دولار أمريكي، لكن هذا الاختلاف في السعر لا يعني علي الإطلاق اختلاف في دقة الإحداثيات المقاسة إنما هو فقط اختلاف في إمكانيات الجهاز من حيث الشاشة و الذاكرة و البطارية ...الخ فقط لا غير.

في هذا الجزء سنقدم – فقط و علي سبيل المثال – خطوات تشغيل أحد أجهزة الجي بي أس من النوع الملاحي أو المحمول يدويا بهدف اطلاع القارئ علي أن هذه التقنية تتميز ببساطة التشغيل والاستخدام دون محاولة الترويج لجهاز معين أو شركة معينة.

خطوات استخدام جهاز جي بي أس GPS من شركة Garmin موديل GPS III Plus



تركيب البطاريات:

يعمل الجهاز باستخدام ٤ بطاريات جافة من حجم AA (البطارية القلم) وتوضع البطاريات طبقا لترتيب الأقطاب الكهربائية وذلك من خلال فتح غطاء البطاريات الموجود أسفل الجهاز (في حالة الإمساك بالجهاز باليد في وضعة الرأسي و ليس الأفقي).

وظائف مفاتيح الجهاز:

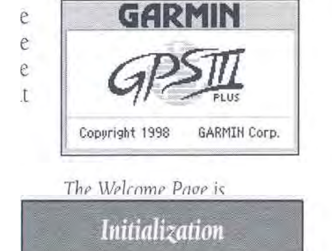
المفتاح	الوظيفة
المفتاح الأحمر	بدء و إيقاف تشغيل الجهاز (عن طريق ضغطة طويلة)
QUIT	للخروج من أي قائمة أو شاشة عرض
GOTO	لاختيار الهدف أو الموقع المطلوب الوصول (الملاحة) إليه
IN	لتكبير مقياس رسم الخريطة علي الشاشة (إظهار منطقة أصغر)
OUT	لتصغير مقياس رسم الخريطة علي الشاشة (إظهار منطقة أكبر)
PAGE	للتنقل بين شاشات العرض المختلفة للجهاز (في حالة الضغط علي هذا المفتاح ضغطة طويلة يغير العرض علي الشاشة من الوضع الأفقي إلي الوضع الرأسي و العكس)
MENU	لإظهار قائمة الاختيارات
ENTER/MARK	للتأكيد أو الاختيار من القائمة ، وكذلك لتخزين الموقع الحالي داخل ذاكرة الجهاز
المفتاح الكبير GPS III	يستخدم بدلا من الأسهم للحركة لأعلي و أسفل و لليمين و لليسار

تحذيرات التشغيل:

يجب ملاحظة أن جهاز جي بي أس يتم ضبطه و اختيار طريقة العمل و تحديد المعاملات الهندسية لتشغيله بواسطة مهندس متخصص ، لذلك لا يجب إطلاقا تغيير هذه المعاملات Setup وإلا فستكون النتائج علي الشاشة أو التي يتم تخزينها خاطئة تماما. بناءا عليه يجب في حالة الدخول في أي قائمة من قوائم التشغيل وليست لدينا فكرة جيدة عنها ، يجب الخروج منها فورا بالضغط علي مفتاح QUIT دون تغيير أيه معلومة أو رقم ثابت.

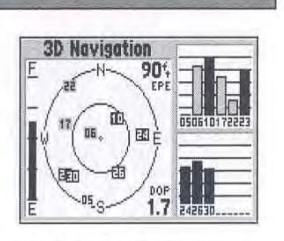
حتى يمكن لجهاز الجي بي أس استقبال إشارات الأقمار الصناعية فيجب أن يكون الجهاز في مكان مفتوح وبعيد بدرجة كافية عن المباني و الأشجار وأي أجسام في المنطقة المحيطة به. كذلك يجب رفع أنتنا الاستقبال لأعلي حيث أنها هي الجزء الخاص باستقبال الإشارات اللاسلكية الصادرة من الأقمار الصناعية.

شاشات الجهاز و استخداماتها:



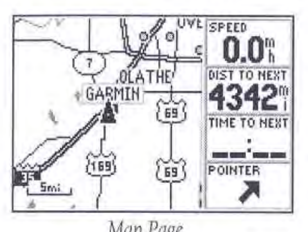
عند الضغط علي المفتاح الأحمر يبدأ تشغيل الجهاز وتظهر شاشة عليها اسم الشركة و موديل الجهاز

بعد حوالي ثلاثة ثواني تظهر شاشة تحذيرية من أن مسئولية التشغيل تقع علي من يشغل الجهاز ولا أضرار علي الشركة. تختفي هذه الشاشة بعد خمسة ثواني أو عند الضغط علي مفتاح ENTER



أول شاشة من شاشات التشغيل هي شاشة الأقمار الصناعية والتي توضح عدد و حالة الأقمار الصناعية التي يستقبل الجهاز الإشارات منها في هذه اللحظة ، كذلك يوجد مؤشر طولي علي يسار الشاشة يبين قوة البطاريات الكهربائية ويتراوح المؤشر بين حرف F أي بطاريات قوية وحرف E أي بطاريات ضعيفة تحتاج لتغييرها.

عندما يسمكن الجهاز من استقبال إشارات ٤ أقمار صناعية علي الأقل فأنه يستطيع حساب موقع (أو إحداثيات) المكان الحالي ، وعندئذ تختفي مباشرة شاشة الأقمار الصناعية لتظهر شاشة الإحداثيات. في الجزء الأسفل علي يسار هذه الشاشة تظهر إحداثيات الموقع الحالي الموجود به الجهاز وهذه الإحداثيات أما أن تكون من نوع الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و خط العرض بالزوايا: درجة-دقيقة-ثانية) أو من نوع الإحداثيات الكيلومترية (الاحداثي الشرقي و الاحداثي الشمالي بالأمتار) وهذا طبقا لشروط التشغيل التي تمت برمجة الجهاز عليها من قبل الفني المختص.



Map Page

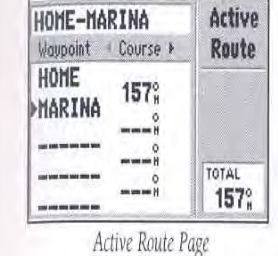
إذا ضغطت مفتاح PAGE فستظهر شاشة الخريطة والتي توضح خريطة المنطقة الحالية و ما فيها من مظاهر جغرافية (الطرق و المدن) ويظهر الموقع الحالي للجهاز برمز المثلث الأسود المصمت.



Highway Page

إذا ضغطت مفتاح PAGE فستظهر شاشة البوصلة والتي توضح بوصلة رقمية مدرجة ، حيث يشير مؤشرها إلي انحراف أو اتجاه خط السير للشخص الذي يحمل الجهاز ، لاحظ أن إذا كان الجهاز في وضع الثبات ولا يسير حامله من نقطة لآخري فأن اتجاه البوصلة هنا سيكون خطأ حيث أن الجهاز لا يمكن من تحديد اتجاه السير إلا عندما يتحرك الشخص الذي يحمل الجهاز ويكون الجهاز في وضع الحركة وليس الثبات.

إذا ضغطت مفتاح PAGE فستظهر شاشة الطريق وفيها تظهر قيم السرعة (سواء كان الجهاز في يد شخص مترجلا أو في سيارة) والمسافة المتبقية و الاتجاه المطلوب وذلك إذا كان مستخدم الجهاز قد قام بتحديد موقع أو هدف معين يريد أن يتوجه إليه.
إذا ضغطت مفتاح PAGE فستظهر شاشة خط السير والتي تظهر ترتيب الأهداف التي يريد المستخدم الوصول إليها تباعا (يجب أن يكون المستخدم قد قام فعلا بتحديد هذه الأهداف للجهاز).



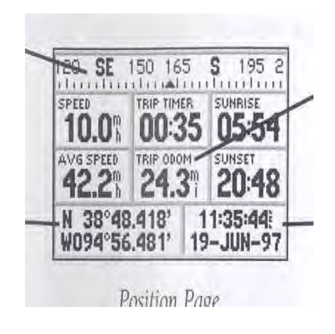
Active Route Page

إذا ضغطت مفتاح PAGE فستظهر الشاشة الأولي (شاشة الأقمار الصناعية) وتبدأ نفس الدورة في التكرار أو التنقل بين الشاشات مرة أخري.

معرفة إحداثيات الموقع الحالي:

تظهر إحداثيات الموقع الحالي للجهاز في الركن الأسفل علي اليسار من شاشة الإحداثيات وهي أحد نوعين:

مثال ١: الإحداثيات الجغرافية

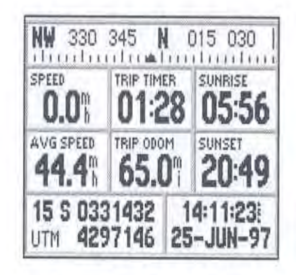


Position Page

خط العرض = ٣٨ درجة ، ٤٨.٤١٨ دقيقة ، والرمز N أي شمال خط الاستواء

خط الطول = ٤٩ درجة ، ٥٦.٤١٨ دقيقة ، والرمز W أي غرب خط طول جرينتش (لاحظ أن إحداثيات المملكة العربية السعودية في خط الطول يكون رمزها E أي شرق خط طول جرينتش).

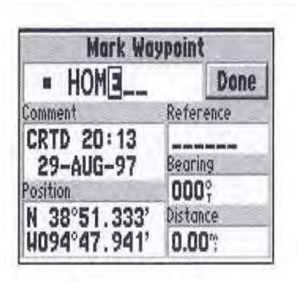
مثال ٢: الإحداثيات الكيلومترية بنظام UTM العالمي:



Position Page showing UTM

15 S يشير إلي اسم الشريحة داخل نظام الإحداثيات العالمية لهذا الموقع الحالي.
٠٣٣١٤٣٢ الاحداثي الشرقي بالمتر مقاسا من المحور الطولي للشريحة الحالية.
٤٢٩٧١٤٦ الاحداثي الشمالي بالمتر مقاسا من خط الاستواء.

تسجيل إحداثيات الموقع الحالي داخل ذاكرة الجهاز:



في الحالة البسيطة و الأسهل يمكن الاكتفاء بتسجيل اسم و إحداثيات كل موقع نذهب له في ورقة خارجية. لكن يجب العلم أن أي جهاز الجي بي أس يوجد به ذاكرة داخلية تسمح بتسجيل الإحداثيات ومن ثم يمكن استرجاعها بعد انتهاء العمل الميداني وكذلك يمكن توصيل الجهاز

بالحاسوب لنقل الإحداثيات إليه. لإتمام التسجيل داخل ذاكرة الجهاز و أثناء ظهور شاشة الإحداثيات نضغط علي مفتاح ENTER/MARK ضغطة طويلة (لمدة ٣ ثواني متصلة) فتظهر شاشة تخزين الموقع و بها تاريخ الرصد و إحداثيات الموقع الحالي. كل المطلوب هنا هو اختيار اسم لهذا الموقع الذي سيتم تخزين إحداثياته بالجهاز:

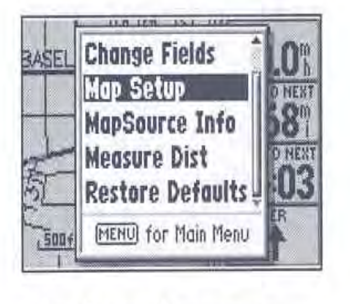
هنا نستخدم مفتاح الأزرار GPS III (المفتاح الكبير الدائري) فإذا حركناه لأعلي أو لأسفل يبدأ في عرض الأحرف الأبجدية الانجليزية حتى نستقر علي الحرف المطلوب في أول خانة من خانات اسم الموقع ، ثم نتحرك بنفس المفتاح لليمين لينتقل إلي الخانة الثانية ونكرر نفس الحركة لأعلي أو لأسفل حطي نستقر علي الحرف الثاني من أحرف الاسم المطلوب ، ونكرر هذه الخطوات لاختيار أحرف اسم الموقع حرفا بحرف حطي ننتهي من كتابة الاسم المطلوب (بحد أقصي ٦ خانات). نضغط مفتاح ENTER حطي يكون المؤشر علي كلمة DONE (أي تمت كتابة الاسم المطلوب) فنضغط علي مفتاح ENTER للتسجيل، وبذلك يكون الموقع الحالي لجهاز الجي بي أس قد تم تخزينه داخل ذاكرة الجهاز.

استخراج إحداثيات موقع تم تخزينه داخل ذاكرة الجهاز:

بعد الانتهاء من العمل الميداني في الطبيعة يمكن تشغيل الجهاز (حتى داخل مكتب مغلق مع أنه لن يستطيع رصد أو استقبال إشارات الأقمار الصناعية) وذلك بهدف استخراج إحداثيات المواقع التي تم رصدها و تخزينها طوال اليوم:

ابدأ تشغيل الجهاز والضغط علي مفتاح PAGE عدة مرات حتي تظهر شاشة الخريطة.

الآن اضغط مفتاح MENU فتظهر قائمة الاختيارات.
استخدم المفتاح الكبير الدائري للتحرك بين مفردات هذه القائمة حتي يكون المؤشر علي MAP SETUP ، ثم اضغط مفتاح MENU مرة أخري.

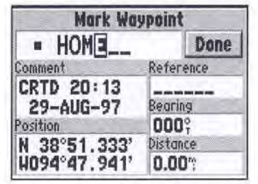


تظهر الآن قائمة فرعية جديدة أول سطورها هو WAYPOINTS أي النقط التي تم تخزينها.

اضغط مفتاح ENTER (وليس مفتاح MENU) فتظهر قائمة بأسماء جميع النقاط أو المواقع التي تم تخزينها بذاكرة الجهاز ، استخدم المفتاح الكبير للتحرك من نقطة لاخري حتي تصل لاسم الموقع المطلوب (نفس الاسم الذي اخترته أثناء تخزين الموقع في الحقل) ثم اضغط مفتاح ENTER



تظهر الآن شاشة بها معلومات هذه النقطة التي تم اختيارها وتتكون من اسم النقطة ، تاريخ تسجيلها ، إحداثيات الموقع ، ... الخ



بعد نقل البيانات أو إحداثيات الموقع المطلوب اضغط مفتاح QUIT ٣ مرات للعودة لشاشة الخريطة من جديد ، واتبع الخطوات المعتادة لإيقاف تشغيل الجهاز.

الفصل السادس

الخرائط و الكمبيوتر

مع بداية النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي ظهرت أجهزة الكمبيوتر (الحاسوب أو الحاسبات الآلية) إلي الوجود وبدأت كل التخصصات العلمية في الاستفادة من مميزات هذه الآلات الجديدة الرائعة. ولم يكن مصممي الخرائط ببعيد من هذا الاهتمام فبدأت في الستينات أولي خطوات إعداد و تصميم الخرائط باستخدام الكمبيوتر. ومن ثم ظهر نوع جديد من الخرائط أصبح يعرف باسم "الخرائط الرقمية Digital Maps" وهي الخرائط المخزنة علي وسائل تخزين البيانات (مثل الاسطوانات المدمجة CD) والتي يمكن توزيعها و فتحها واستعراضها و تعديلها وطباعتها باستخدام الكمبيوتر. يستعرض هذا الفصل أساسيات أجهزة الكمبيوتر والأجهزة المساعدة في أعمال إنتاج الخرائط الرقمية.

٦-١ الكمبيوتر

يذكر التاريخ أن أول محاولة لاختراع آلة أو جهاز لمساعدة الإنسان في سرعة الحساب كانت في الصين (تقريبا ألفي عام قبل الميلاد) والمسماة "اياكوس" وتتكون من صفوف من الخرز مركبة علي مجموعة أسلاك. وفي عام ١٩٤٤م تم تصميم أول حاسبة كهربائية رقمية في جامعة هارفارد الأمريكية. من الطريف أن نعرف أن أول كمبيوتر كان يزن ٢٠ طنا ويشغل مساحة ٥٠٠ متر مربع.

يقوم الكمبيوتر – بصفة عامة - بثلاثة عمليات وهي إدخال البيانات و معالجة البيانات و إخراج البيانات للمستخدم. من الممكن القول أن الكمبيوتر يتكون من جزأين أساسيين: (١) الكيان المادي أو الأجهزة المادية أو العتاد Hardware و (٢) الكيان المعنوي أو البرامج أو البرمجيات Software.

تنقسم البرامج إلي ثلاثة أنواع:

نظم التشغيل Operating Systems :

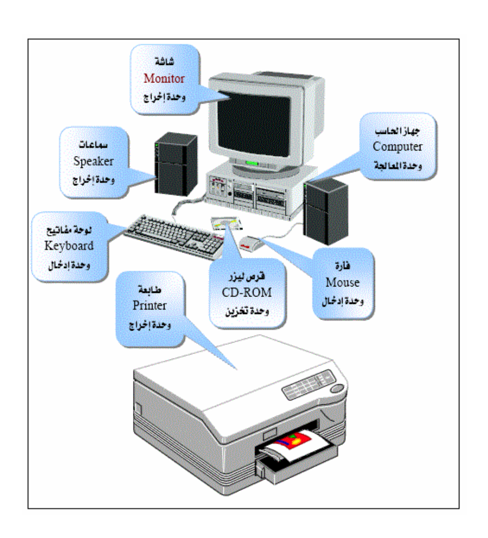
البرنامج الذي يقوم بالتنظيم و الإشراف علي مكونات أو وحدات الكمبيوتر من إدخال و معالجة و إخراج. وهو البرنامج الرئيسي أو الوسيط بين الكمبيوتر و المستخدم، حيث أن المستخدم لا يفهم لغة الحاسب (لغة الآلة) والحاسب لا يفهم لغة الإنسان. من أشهر برامج التشغيل المستخدمة الآن نظام النوافذ Windows ونظام اليونكس Unix.

برامج تطبيقية Operating Systems :

برامج يتم تصميمها لأداء وظائف معينة في العديد من المجالات التطبيقية التي تحتاجها الشركات و المؤسسات و الأفراد، ثم يقوم مصمموها ببيعها بصورة تجارية. فعلي سبيل المثال لكي ترسم خريطة رقمية ستحتاج لبرنامج متخصص في الرسم و الخرائط، ولكي تكتب تقريرا ستحتاج لبرنامج متخصص في الكتابة.

لغات البرمجة Programming Languages :

برامج تجعل المستخدم قادرا علي كتابة مجموعة من الأوامر (برموز خاصة) لكي يقوم الكمبيوتر بتنفيذها بصورة أليه مهما كان حجم البيانات أو عدد الخطوات الرياضية المطلوبة. من لغات البرمجة الشائعة لغات Visual Basic, C++, Fortran.



شكل (٦-١) الكمبيوتر

مكونات الكمبيوتر الأساسية:

يتكون أي جهاز كمبيوتر من عدد من المكونات الأساسية تشمل:

(أ) اللوحة الأم Motherboard:

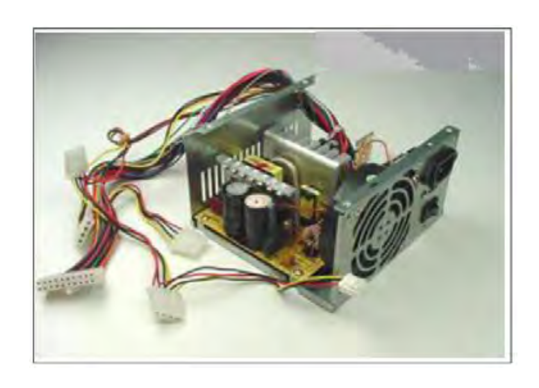
أهم أجزاء الكمبيوتر فهي اللوحة الرئيسية للجهاز والتي تضم جميع أجزاؤه وتحتوي أماكن تركيب البطاقات الالكترونية المسئولة عن التعامل مع البيانات وأيضا مكان المعالج الذي يعد عقل الكمبيوتر بالإضافة لأماكن الذاكرة.



شكل (٦-٢) اللوحة الأم في جهاز كمبيوتر

(ب) مصدر أو محول الطاقة Power Supply:

هو الجزء الذي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية من مصدرها الأساسي إلي طاقة مناسبة (من حيث التردد و القوة) لتشغيل جهاز الكمبيوتر. ولهذا الجزء دور أساسي في حماية الكمبيوتر ذاته إذا زادت فجأة قوة التيار الكهربائي الداخل للكمبيوتر.



شكل (٦-٣) مصدر الطاقة في جهاز كمبيوتر

(ت) وحدة المعالجة المركزية Central Processing Unit:

تسمي اختصارا CPU وتسمي أيضا المعالج Processor وهي التي تعد العقل المفكر في الكمبيوتر. تقاس كفاءة المعالج – في المقام الأول - بمقدار سرعته في تنفيذ العمليات الحسابية و الأوامر، فمعالج سرعته ٢.٨ جيجا هرتز (جيجا = ألف مليون ، هرتز = التردد أو معالجة جزء معين من البيانات في الثانية الواحدة) سيكون أكثر كفاءة من معالج آخر سرعته ٢.٢ جيجا هرتز فقط. كما تؤثر أيضا علي كفاءة المعالج الجزء المعروف باسم "الذاكرة المخبأة" cash memory وهو جزء من الذاكرة مسئول عن سرعة الوصول إلي المعلومات داخل المعالج.



شكل (٦-٤) المعالج في جهاز كمبيوتر

(ث) الذاكرة RAM:

الشريحة الالكترونية التي يتم فيها تخزين البيانات – بصورة مؤقتة - أثناء عمليات المعالجة و الحساب، ومنها ما هو ثابت علي اللوحة الأم Built-in (لا يمكن تغييره) و منها ما هو منفصل يمكن تغييره واستبداله في حالة الرغبة في زيادة سعته. تعد الذاكرة من أهم أجزاء الكمبيوتر وأكثرها تأثيرا علي أداء الجهاز بصفة عامة. كما تجدر الإشارة إلي أن الذاكرة تفقد ما بها من

بيانات في حالة انقطاع التيار الكهربائي عنها، ومن هنا فأنها تسمي الذاكرة العشوائية. تقاس سعة الذاكرة بعدد ما يمكن أن تحمله من بيانات، فنقول مثلا ذاكرة سعتها ٤ جيجابايت أي تستطيع تخزين ٤ مليار معلومة (جيجا = مليار، ميجا = مليون، كيلو = ألف).



شكل (٦-٥) كروت الذاكرة العشوائية في جهاز كمبيوتر

(ج) القرص الصلب Hard Disk:

وحدة التخزين الرئيسية أو جزء الكمبيوتر الذي يتم به تخزين البيانات بصورة دائمة. أصبحت الأقراص الصلبة الآن ذات قدرة تخزينية عالية تتراوح بين ٣٢٠ جيجا بايت و ٢ تيرا بايت (تيرا – ألف مليار)، كما انخفضت أسعارها بدرجة كبيرة.



شكل (٦-٦) القرص الصلب في جهاز كمبيوتر

(ح) كارت الفيديو Video Card

تعد بطاقة الفيديو أو كارت عرض الصور علي الشاشة من الأجزاء الهامة في جهاز الكمبيوتر من وجهة نظر المشتغلين بالخرائط الرقمية و نظم المعلومات الجغرافية. كارت الفيديو هو المسئول عن إخراج الصورة من الكمبيوتر إلي الشاشة للمستخدم. فكما أشرنا في الفصل السابق فأن الصور الممسوحة ضوئيا وكذلك الصور الجوية و مرئيات الاستشعار عن بعد تعتمد في جوهرها علي مبدأ الخلية pixel التي كلما صغر حجمها كلما زادت قدرة التمييز المكاني، فأن كارت الفيديو أيضا يعتمد علي نفس الأسلوب. يتكون كارت الفيديو داخليا من معالج خاص

بالرسوم و الصور وذاكرة خاصة به أيضا (بخلاف ذاكرة RAM الرئيسية للكمبيوتر). كلما زادت سعة الذاكرة الخاصة بكارت الفيديو كلما كان الكارت أكثر كفاءة في عرض تفاصيل الصور بوضوح علي الشاشة.



شكل (٦-٧) كارت الفيديو في جهاز كمبيوتر

٦-٢ أجهزة إدخال البيانات

تشمل أجهزة إدخال البيانات عدة أنواع منها:

(أ) لوحة المفاتيح

(ب) الفارة أو الماوس

(ت) الفلاش والأقراص المدمجة CD or DVD

(ث) القلم الضوئي

(ج) الكاميرا الرقمية

(ح) الميكروفون

(خ) أجهزة المساحة سواء الأرضية أو الجيوديسية (مثل الميزان الرقمي و الثيودليت الرقمي و المحطة الشاملة و أجهزة GPS) التي تتصل مباشرة بالحاسب الآلي ومن ثم تفريغ كل القياسات الحقلية مباشرة للكمبيوتر.

(د) طاولة الترقيم أو المرقم Digitizer:
لوحة تشبه لوحة الرسم لكنها تحتوي علي شبكة الكترونية أسفلها بحيث تمثل شبكة إحداثيات (س،ص) تغطي الطاولة، بالإضافة للمرقم وهو فأرة أو ماوس من نوع خاص متصل بالطاولة إما سلكيا أو لاسلكيا وتكون طاولة الترقيم متصلة بالحاسب الآلي بكابل. تعتمد فكرة عمل طاولة الترقيم علي استشعار موقع المرقم بالنسبة للطاولة وتحديد إحداثياته ونقلها إلي الحاسب الآلي. إذا تم وضع خريطة علي طاولة الترقيم (نتخيل أننا وضعنا شفافة فوق الخريطة) فأننا نستخدم المرقم كما لو كان قلم رصاص (أو مرسمه) لرسم

نسخة من الخريطة. يتم نقل إحداثيات كل نقطة يمر عليها المرقم – من خلال الضغط علي زر من مفاتيح المرقم – إلي الحاسب الآلي ، وتستمر هذه العملية إلي أن يتم رسم كافة تفاصيل المعالم الموجودة علي الخريطة الأصلية ومن ثم نحصل علي نسخة الكترونية أو رقمية منها. قد تكون طاولة الترقيم صغيرة الحجم لترقيم الخرائط الصغيرة بحجم A4 or A3 أو قد تكون طاولة كبيرة لترقيم الخرائط الكبيرة بحجم A0.

(ذ) الماسح الضوئي Scanner:

جهاز يشبه آلة تصوير المستندات من حيث أنه يغطي الخريطة بأشعة ضوئية لنسخها لكنه يرسل النتيجة إلي الحاسب الآلي وليس طباعتها علي الورق. تعتمد فكرة عمل المرقم علي تسجيل الانعكاس الضوئي من الخريطة الأصلية وإرسال هذه القيم للحاسب الآلي ليستطيع ترجمتها وتجميعها ليكون نسخة رقمية من الخريطة الأصلية. توجد عدة أنواع من الماسحات الضوئية تختلف من حيث الحجم و الإمكانيات التقنية. بعض الماسحات تستطيع التفرقة بين الظواهر المرسومة علي الخريطة الأصلية (من اختلاف انعكاسها الضوئي بكل دقة) ومن ثم يمكنها رسم الخريطة الرقمية مكونة من عدد من الظاهرات (خطوط و مضلعات و نقاط)، لكن هذا النوع من الماسحات الضوئية مرتفع الثمن جدا. أما المسحات الضوئية البسيطة تقنيا ورخيصة الثمن فهي لا تستطيع التفرقة بين قيم الانعكاس الضوئي بدقة عالية وبالتالي فهي تكون صورة من الخريطة الأصلية لكنها لا تفرق بين نوع ظاهرة وأخري علي الخريطة (أي أنها كما لو كانت مجرد صورة فوتوغرافية من الخريطة الأصلية). أما من حيث الحجم فتوجد ماسحات ضوئية صغيرة ورخيصة لمسح الخرائط من مقاس A4 or A3 كما توجد ماسحات ضوئية كبيرة الحجم للخرائط من مقاس A0.



شكل (٦-٨) بعض أجهزة إدخال البيانات

مع أن الماسحات الضوئية ذات المواصفات التقنية العالية تعد أسهل وأسرع في التعامل مع الخرائط الورقية وتحويلها إلي خرائط رقمية مباشرة مع التمييز بين كل ظاهرة و أخري، إلا أنها مرتفعة الثمن وقد لا تناسب كل مستخدمي الخرائط الرقمية. أيضا فمن عيوب طاولات

الترقيم أنها متصلة بحاسب إلي واحد ولا يمكن نقل الطاولة من مكان لأخر مما يجعل عملية الترقيم ذاتها عملية متعبة و بطيئة. من هنا تم ابتكار أسلوب الترقيم من علي الشاشة On-Screen Digitizing ليجمع بين مميزات كلا الجهازين لكن بأسلوب رخيص الثمن. في هذا الأسلوب يتم استخدام الماسحات الضوئية البسيطة في الحصول علي صورة من الخريطة الأصلية (سيتعامل معها الحاسب علي أنها مجرد صورة لا يستطيع التفرقة بين معالمها) ويتم وضع هذه الصورة علي الشاشة ثم استخدام فأرة الكمبيوتر (الماوس) كما لو كان قلم رصاص (مرسمه) لشف كل معلم من معالم صورة الخريطة ورسمه بكل دقة في ملف رقمي يعطي الخريطة الرقمية بكفاءة.

٦-٣ أجهزة إخراج البيانات

أيضا تتعدد أجهزة إخراج البيانات وتشمل:

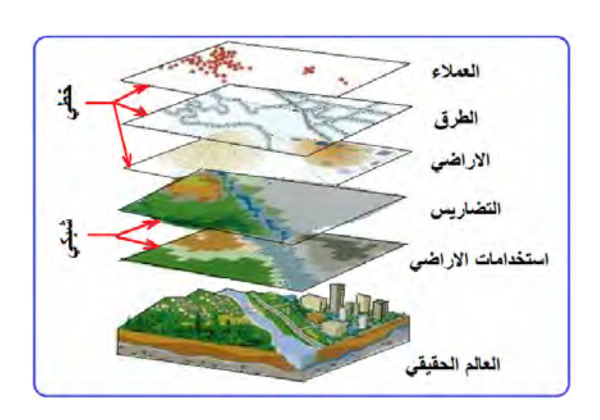
- الشاشة
- السماعات
- الفلاش والأقراص المدمجة CD or DVD
- الطابعات Printers
- الراسمات (طابعات الخرائط) Plotters



شكل (٦-٩) بعض أجهزة إخراج البيانات

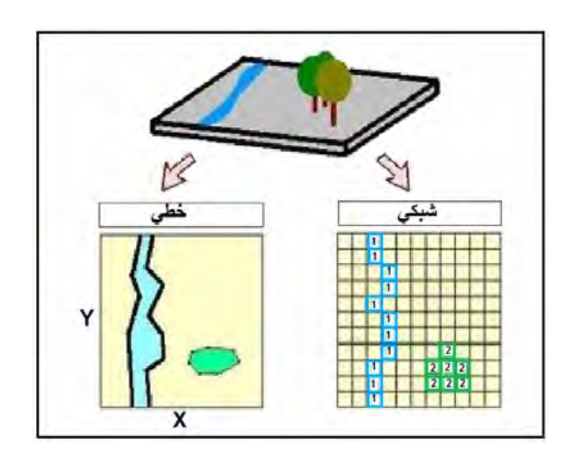
٦-٤ تمثيل البيانات في الخرائط الرقمية

تقوم الخرائط الرقمية بتمثيل الظاهرات الموجودة في بقعة معينة من سطح الأرض من خلال عدة ملفات أو ما يعرف باسط الطبقات Layers. تكون كل طبقة ممثلة لنوع محدد من الظاهرات الجغرافية، فعلي سبيل المثال عند تمثيل حي من أحياء مدينة معينة فأننا نقوم برسم الشوارع في طبقة و المباني السكنية في طبقة ثانية و الأشجار في طبقة ثالثة .... الخ ، فإذا قمنا بعرض كل هذه الطبقات علي الشاشة في نفس الوقت فأننا نحصل علي تمثيل للواقع الحقيقي الموجود في هذه المنطقة.



شكل (٦-١٠) تمثيل البيانات في نظم الخرائط الرقمية

يتم تمثيل البيانات من خلال نموذجين: (١) البيانات الخطية أو الاتجاهية Vector Data، (٢) البيانات الشبكية أو الخلوية Raster Data.

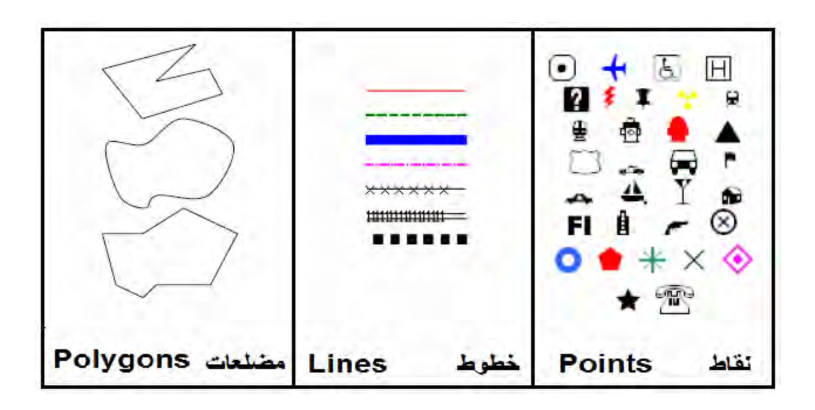


شكل (٦-١١) أنواع البيانات في الخرائط الرقمية

نموذج البيانات الخطية Vector هو تمثيل كافة ظاهرات طبقة من خلال سلسلة متتابعة من الإحداثيات كما في الخريطة الورقية. فالنقطة عبارة عن إحداثيين س،ص لموقع محدد وليس لها مساحة أو بعد، بينما الخط عبارة عن سلسلة من النقاط المحددة الإحداثيات وله بعد (طول) وليس له مساحة، بينما المضلع عبارة عن ظاهرة معينة تنتشر في مساحة محددة ويحيط بها خط. وبالتالي فأن نموذج البيانات الخطية يتكون من ثلاثة أنواع من طرق تمثيل الظاهرات إما في نقطة Point أو خط Line or Arc أو مضلع Polygon. قد تختلف طريقة تمثيل نفس

الظاهرة بناءا علي مقياس الرسم المستخدم وحدود المنطقة الممثلة في الطبقة ، فعلي سبيل المثال فأن كل حي في مدينة معينة سيتم تمثيله كمضلع عند رسم طبقة لتفاصيل هذه المدينة بينما سيتم رسم المدينة كلها كنقطة عند تمثيل الدولة ككل في طبقة.

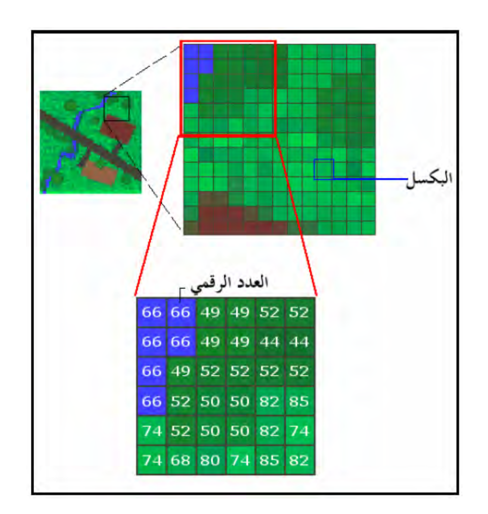
يتميز نموذج البيانات الخطية بالعديد من المميزات أهمها: (١) الدقة في تمثيل مواقع الظاهرات، (٢) حجم تمثيل البيانات لا يتطلب مساحة تخزين كبيرة في الحاسوب سواء في الذاكرة RAM أو القرص الصلب Hard Disk، (٣) سهولة إجراء العمليات الحسابية مثل الطول و المساحة و المحيط، (٤) إمكانية تصحيح المعلومات التي تم إدخالها أولا بأول. لكنه – في المقابل – يعاني من عيبين أساسين وهما انه يتطلب جهدا ووقتا كبيرا في إدخال البيانات كما انه يتطلب خبرة جيدة ودقة عالية لمدخل البيانات ذاته. ومع ذلك فأن نموذج البيانات الخطية هو الأكثر استخداما في الخرائط الرقمية وخاصة في التطبيقات المساحية و الهندسية بصفة عامة.



شكل (٦-١٢) النموذج الخطي لتمثيل البيانات

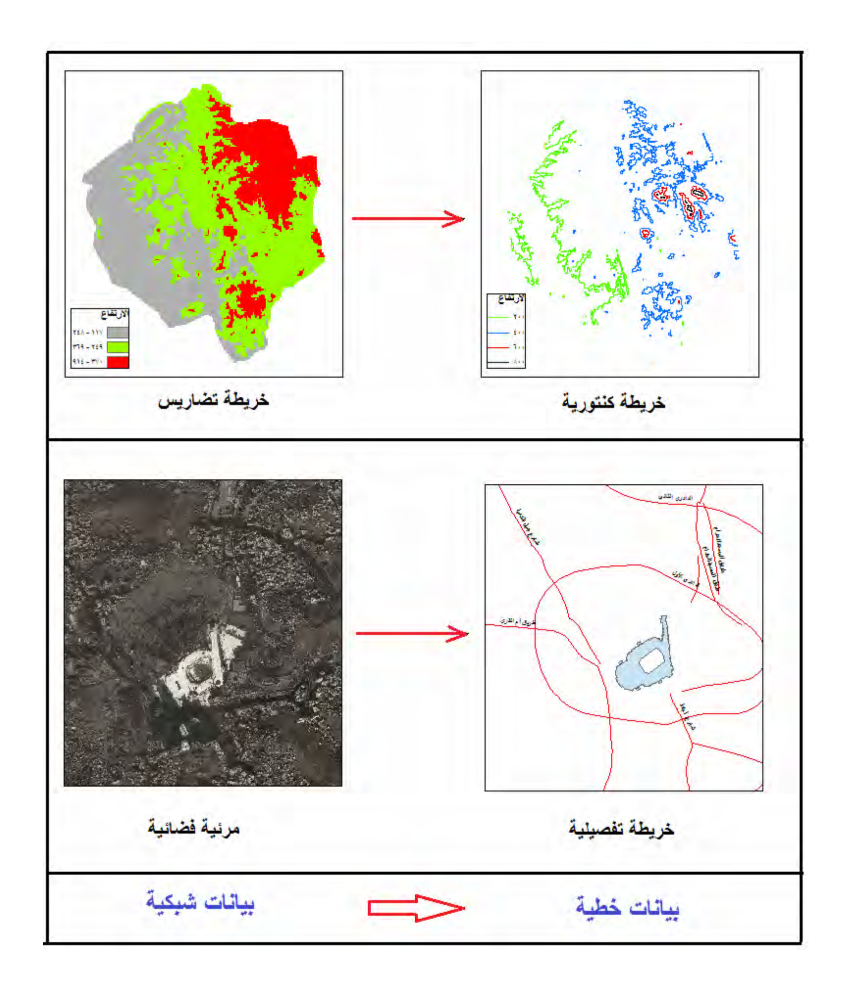
يعتمد نموذج البيانات الشبكية Raster علي فكرة وجود شبكة من المربعات موضوعة علي خريطة ، فإذا انطبق احد المربعات علي نوع معين من الظاهرات فسيحمل هذا المربع رقما يماثل في قيمته كافة نظائره من المربعات التي انطبقت علي نفس الظاهرة. إما إذا انطبق احد مربعات الشبكة علي ظاهرة ثانية في الخريطة فسيحمل هذا المربع رقما ثانيا (مختلفا عن رقم الظاهرة الأولي). وهذه الفكرة تماثل مبدأ التصوير الفوتوغرافي حيث تتكون الصورة من عدد هائل من المربعات متناهية الصغر وتأخذ المربعات لون محدد لتمثيل كل ظاهرة وبالتالي تختلف ألوان الصورة طبقا لاختلاف المظاهر الممثلة عليها. كما سبق الذكر (في الصور الجوية والمرئيات الفضائية) فأن حدود المربع الواحد (أو الخلية pixel) في ملف البيانات الشبكية تحدد دقة الوضوح المكاني أو القدرة التميزية resolution لهذا الملف، فكلما صغر حجم المربع زادت قدرة الوضوح وزادت قدرة تمثيل الظاهرات.

يتميز النموذج الشبكي بقدرته علي تمثيل الظاهرات المستمرة وسرعة إدخال البيانات إلي نظام المعلومات الجغرافية، بينما تتمثل أهم عيوب هذا النموذج في انه يتطلب سعة تخزينية كبيرة وأيضا دقته البسيطة نسبيا في التمثيل المكاني إذ أنها تعتمد علي أبعاد المربع أو الخلية pixel كمل أن قدرته علي التحليل المكاني أقل من النموذج الخطي. يستخدم النموذج الشبكي في الصور الجوية و المرئيات الفضائية بصفة عامة وكذلك في الماسحات الضوئية البسيطة scanners.



شكل (٦-١٣) النموذج الشبكي لتمثيل البيانات

يمكن تحويل النموذج الشبكي إلي نموذج خطي من خلال عملية vectorization والبرامج المتخصصة في ذلك مثل برنامج Raster to Vector (R2V) وكذلك عملية الترقيم من الشاشة On-Screen Digitizing السابق شرحها.



شكل (٦-١٤) التحويل بين أنواع البيانات

الفصل السابع

مدخل إلي دقة و مواصفات الخرائط الرقمية

يستعرض هذا الفصل الخطوط العريضة لموضوع من الموضوعات الحيوية - والتي مازالت قيد الدراسة و التطوير علي المستوي العربي و العالمي - المتعلقة بالخرائط الرقمية ألا وهو موضوع دقة و مواصفات هذا النوع الحديث من الخرائط.

٧-١ دقة الخريطة المطبوعة:

تعد الخريطة تمثيلا حقيقيا – وان كان مصغرا – لسطح الأرض أو جزء منه، أي أن الأبعاد و المساحات للمعالم علي الخريطة لها علاقة قوية و مباشرة بالأبعاد و المساحات الحقيقية للمعالم المكانية في الطبيعة. لذلك فأن للخريطة "دقة" تعبر عن مدي الوثوق أو مدي الصحة في قياس الأبعاد علي الخريطة وتحويلها (بعد ضربها في مقياس رسم الخريطة) إلي أبعاد حقيقية في الطبيعة. تعد دقة الخريطة من أهم خصائصها ومميزاتها، فمن الخرائط التفصيلية – علي سبيل المثال – يتم حساب مساحات قطع الأراضي و من ثم تقدير ثمنها. وقد يكون الخطأ في الخريطة مكلفا جدا لملاك الأرض في المناطق الحضرية داخل المدن، فعلي سبيل المثال فأن خطأ قيمته متر واحد فقط قد يخفض ثمن قطعة أرض في المنطقة المحيطة بالمسجد الحرام بمكة المكرمة بقيمة مائة ألف ريال سعودي (حوالي ٢٥ ألف دولار أمريكي)!.

٧-١-١ الدقة الأفقية للخريطة المطبوعة:

يمكن تعريف دقة الخريطة علي أنها تساوي قيمة الخطأ بين القياسات (الأبعاد و المساحات) علي الخريطة بعد ضربها في مقياس الرسم وبين الأبعاد الحقيقية لنفس المعالم في الطبيعة.

يعتمد تحديد دقة الخريطة علي مقياس رسم الخريطة وعلي دقة الأعمال المساحية الحقلية التي تم رسم الخريطة بناءا عليها. كلما كبر مقياس رسم الخريطة (أي صغرت مساحة المنطقة المكانية الممثلة علي الخريطة) كلما تتطلب ذلك دقة أكبر في إجراء القياسات الميدانية. فإعداد خريطة كادسترالية (تفصيلية) ذات مقياس رسم ١ : ١٠٠٠ يتطلب دقة أعلي في القياسات الحقلية من إعداد خريطة أخري ذات مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠. علي الجانب الأخر فان إعداد خريطة جغرافية (عامة) ذات مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ (تغطي منطقة جغرافية كبيرة) لا يتطلب استخدام التقنيات المساحية عالية الدقة.

تقليديا كانت دقة الخرائط المطبوعة تحدد بمعادلة بسيطة وهي: ما يمثله نصف المليمتر في الطبيعة. وكان ذلك مبنيا علي أن استخدام المسطرة للقياس من علي الخريطة سيكون لأقرب نصف ملليمتر علي أقصي تقدير. فمثلا: إذا كان لدينا خريطة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ فأن المليمتر علي الخريطة يمثل ١٠٠٠ ملليمتر في الطبيعة، أي يمثل ١ متر. بالتالي فأن ما يمثله النصف ملليمتر يبلغ ٠.٥ متر في الطبيعة. إذن دقة هذه الخريطة تساوي نصف متر، أي يمكن الوثوق في القياسات من الخريطة بقيمة النصف متر.

علي الجانب الآخر فان إعداد الخريطة ذاتها (القياسات الميدانية) يجب أن يكون بدقة أحسن من دقة الخريطة وخاصة للخرائط التفصيلية ذات مقياس الرسم الكبير. ففي المثال السابق فأن

إجراء القياسات الحقلية لإعداد خريطة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ يجب أن يكون بدقة أحسن من دقة الخريطة ذاتها، أي بدقة أحسن (أقل) من ٠.٥ متر.

تقوم الجهات المسئولة عن إعداد الخرائط في كل دولة بتحديد مواصفات لدقة القياسات الحقلية المطلوبة لإعداد الخرائط. الجدول التالي يوضح – علي سبيل المثال - بعض قيم دقة الخرائط (ما يمثله النصف ملليمتر في العمود الثاني) و دقة القياسات الحقلية لإعداد الخرائط (العمود الثالث) في مصر.

مقياس الرسم	دقة الخريطة (بالمتر)	دقة القياسات الحقلية (بالمتر)
١ : ١٠٠٠	٠.٥	٠.٢
١ : ٢٥٠٠	١.٢٥	٠.٤
١ : ٥٠٠٠	٢.٥	١
١ : ١٠،٠٠٠	٥	٢
١ : ٢٥،٠٠٠	١٢.٥	١٢.٥
١ : ٥٠،٠٠٠	٢٥	٢٥
١ : ١٠٠،٠٠٠	٥٠	٥٠
١ : ٢٥٠،٠٠٠	١٢٥	٢٠٠
١ : ٥٠٠،٠٠٠	٢٥٠	٥٠٠
١ : ١،٠٠٠،٠٠٠	٥٠٠	١٠٠٠

المرجع: عبد العزيز و الحسيني ٢٠٠٧م

نلاحظ في الجدول أن دقة القياسات تكون أقل (أي أفضل) من دقة الخريطة المطلوبة للخرائط التفصيلية كبيرة المقياس، بينما تتساوي قيم الدقتين للخرائط متوسطة المقياس، ثم تقل دقة القياسات الحقلية عن دقة الخريطة كلما صغر مقياس الرسم (فالخرائط العامة صغيرة المقياس غير مخصصة لإجراء أية قياسات دقيقة منها).

٧-١-٢ الدقة الرأسية للخريطة المطبوعة:

هذا عن الدقة الأفقية (أي دقة قياس الأبعاد الأفقية للمعالم المكانية، أي الطول و العرض أو س،ص)، فماذا عن الدقة الرأسية؟ إذا كانت الخريطة مرسوما عليها خطوط الكنتور (خطوط تساوي الارتفاع) فأنها ستستخدم لتحديد أو استنباط قيمة المنسوب (الارتفاع عن مستوي سطح البحر) للمعالم الجغرافية الممثلة علي الخريطة. لذلك توجد مواصفات أخري لتحديد قيمة الدقة الرأسية للخرائط بناءا علي مقياس رسم الخريطة و قيمة الفاصل الكنتوري عليها (قيمة فرق المنسوب بين خطي كنتور متتاليين). الجدول التالي يوضح أيضا المواصفات المصرية للدقة الرأسية للخرائط.

مقياس الرسم	الفترة الكنتورية (بالمتر)	الدقة الرأسية للقياسات الحقلية (بالمتر)
١ : ١٠٠٠	٠.٢٥	٠.١٢
١ : ٢٥٠٠	٠.٥	٠.٢٥
١ : ٥٠٠٠	١	٠.٥
١ : ١٠،٠٠٠	٢	١.٢٥
١ : ٢٥،٠٠٠	٢.٥	٢.٥
١ : ٥٠،٠٠٠	٥	٥
١ : ١٠٠،٠٠٠	من ٥ إلي ١٠	١٠
١ : ٢٥٠،٠٠٠	١٠	٢٥
١ : ٥٠٠،٠٠٠	٢٠	٧٥
١ : ١،٠٠٠،٠٠٠	من ٢٠ إلي ٥٠	١٥٠

المرجع: عبد العزيز و الحسيني ٢٠٠٧م

أيضا و بسهولة يمكن - في الجدول - ملاحظة أن دقة القياسات تكون أقل (تقريبا بقيمة النصف) من الفترة الكنتورية للخريطة المطلوبة وذلك في الخرائط التفصيلية كبيرة المقياس، بينما تتساوي القيمتين للخرائط متوسطة المقياس، ثم تقل الدقة الرأسية للقياسات الحقلية عن الفترة الكنتورية للخريطة كلما صغر مقياس الرسم.

أما المواصفات الأمريكية المحددة بواسطة هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (المعروفة اختصارا باسم USGS) والمنشورة في عام ١٩٩٩م فتحدد دقة القياسات الميدانية المطلوبة لإعداد الخرائط علي النحو التالي:

١. للخرائط ذات مقياس الرسم الأكبر من ١ : ٢٠،٠٠٠ :
- الدقة الأفقية = ١ / ٣٠ من القيمة الحقيقية في الطبيعة لما تمثله البوصة الواحدة علي الخريطة .
- الدقة الرأسية = نصف قيمة الفترة الكنتورية علي الخريطة.

٢. للخرائط ذات مقياس الرسم الأصغر من ١ : ٢٠،٠٠٠ :
- الدقة الأفقية = ١ / ٥٠ من القيمة الحقيقية في الطبيعة لما تمثله البوصة الواحدة علي الخريطة .
- الدقة الرأسية = نصف قيمة الفترة الكنتورية علي الخريطة.

٧-٢ دقة الخريطة الرقمية:

المواصفات السابقة تحدد دقة الخرائط بناءا علي مقياس رسمها، وربما يكون ذلك مناسبا للخرائط المطبوعة حيث لكل خريطة مقياس رسم محدد. لكن الوضع مختلف تماما في الخرائط الرقمية، فعند تحويل الخريطة المطبوعة إلي خريطة رقمية (عملية الترقيم) فأن الكمبيوتر يستطيع طباعة الخريطة الجديدة بأي مقياس رسم يحدده المستخدم. فإذا كانت الخريطة الأصلية (المطبوعة) هي خريطة جغرافية بمقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ وقمنا بترقيمها فأن المستخدم يستطيع طباعة جزء من الخريطة الرقمية الجديدة بمقياس ر سم ١ : ١٠٠٠ مثلا!.

من وجهة نظر المؤلف فأن تحديد دقة الخرائط الرقمية سيعتمد علي نقطتين:

أولا: دقة الخريطة المطبوعة (الأصلية) التي تم استخدامها لإنتاج الخريطة الرقمية:
يجب المحافظة علي دقة الخريطة الأصلية بناءا علي مقياس رسمها، فمثلا إن كانت الخريطة المطبوعة المستخدمة ذات مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ مثلا فأن الخريطة الرقمية ستكون بنفس الدقة مهما تغير مقياس الرسم عند طباعة الخريطة الجديدة.

ثانيا دقة القياسات الحقلية:
إن كانت الخريطة الرقمية سيتم إنشاؤها بناءا علي قياسات مساحية ميدانية (أي لن يتم الاعتماد علي أية خرائط مطبوعة قديمة) فأن دقة الخريطة الرقمية ستعتمد علي دقة القياسات الحقلية. يمكن استخدام المواصفات (الجداول) السابقة لتحديد دقة للخريطة الرقمية بناءا علي دقة القياسات الحقلية التي تمت فعلا.

توجد بعض القيم المعلنة لدقة الخرائط الرقمية لعدد من الجهات العالمية المسئولة عن إنتاج الخرائط. تقوم هذه الجهات باختيار عينة عشوائية من المعالم الممثلة علي الخريطة وقياس إحداثياتها و أبعادها ثم مقارنتها بالإحداثيات و الأبعاد الحقيقية علي الطبيعة لنفس هذه المعالم المكانية، وبتحديد الفروق يمكن حساب قيمة متوسطة للدقة الأفقية للخريطة الرقمية ثم مقارنتها بالمواصفات لتحديد ان كانت الخريطة الرقمية مطابقة للمواصفات أم لا. علي سبيل المثال فأن مواصفات ولاية فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية تحدد الدقة الأفقية للخرائط الرقمية اعتمادا علي مقياس الرسم (للخريطة المطلوب إعدادها) كما في الجدول التالي:

مقياس الرسم	الدقة الأفقية
١ : ١٢٠٠	± ٣.٣٣ قدم (١.٠١ متر)
١ : ٢٤٠٠	± ٦.٦٧ قدم (٢.٠٣ متر)
١ : ٤٨٠٠	± ١٣.٣٣ قدم (٤.٠٦ متر)
١ : ٩٦٠٠	± ٢٦.٦٧ قدم (٨.١٣ متر)
١ : ١٠،٠٠٠	± ٢٧.٧٨ قدم (٨.٤٧ متر)
١ : ١٢،٠٠٠	± ٣٣.٣٣ قدم (١٠.١٦ متر)

أما جهات أخري فتحدد مواصفات دقة العمل الحقلي لتجميع البيانات المستخدمة في إعداد الخرائط الرقمية. علي سبيل المثال فأن مواصفات الخرائط الكادسترالية (التفصيلية) في نيوزيلندا تحدد دقة ± ٠.٢ متر للرفع المساحي داخل المدن و دقة ± ٠.٥ متر للرفع المساحي خارج المدن.

كما توصي بعض الجهات الدولية علي إتباع مواصفات (دقة) الخرائط المطبوعة عند إعداد الخرائط الرقمية مع ذكر ذلك صراحة في الخريطة الرقمية، فمثلا يكتب (داخل الخريطة الرقمية) أنها منتجة بناءا علي مقاييس دقة الخرائط المطبوعة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ علي سبيل المثال.

٧-٣ دقة الخريطة والتقنيات المكانية الحديثة:

تعتمد الخريطة (مطبوعة كانت أو رقمية) علي الوسائل و التقنيات المستخدمة في تجميع البيانات و القياسات المكانية في الطبيعة. حديثا انتشرت تطبيقات و استخدامات التقنيات المساحية حديثا (خاصة النظام العالمي لتحديد المواقع GPS والمرئيات الفضائية للاستشعار عن بعد) في إعداد و إنتاج الخرائط. لذلك يجب دراسة العلاقة بين هذه التقنيات و الخرائط خاصة من حيث الدقة المكانية.

٧-٣-١ دقة الخريطة وتقنية الجي بي أس:

تنقسم أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع (الجي بي أس) الي ٣ أنواع كما سبق الذكر في الفصول الماضية:

١. أجهزة ملاحية أو محمولة يدويا
٢. أجهزة هندسية أو جيوديسية
٣. أجهزة خاصة لنظم المعلومات الجغرافية

لكل نوع من هذه الأنواع دقة محددة يجب معرفتها قبل استخدام هذا النوع أو ذلك في القياسات الحقلية المطلوبة لإنتاج الخرائط.

أجهزة الجي بي أس الملاحية أو المحمولة يدويا (وأيضا الموجودة في الجوالات أو الموبايلات) كلها وبدون استثناء تعتمد علي طريقة الشفرة code لاستقبال إشارات الأقمار الصناعية وحساب قيمة إحداثيات موقع جهاز الاستقبال ذاته. تتميز هذه الطريقة بأنها لا تتطلب مواصفات تقنية عالية لجهاز الاستقبال (ومن ثم رخص ثمنه) إلا أنها تعطي دقة تتراوح بين ± ٢ و ± ٨ أمتار في الإحداثيات الأفقية. يدل ذلك علي أن الإحداثيات المقاسة بهذا النوع من أجهزة الجي بي أس (سواء إحداثيات جغرافية أو إحداثيات مسقطة) تحتمل خطأ أفقي في حدود ٨ أمتار أو أقل. أما في المستوي الرأسي (الارتفاعات) فأن دقة أجهزة الجي بي أس الملاحية تكون في حدود ± ١٢ متر في المتوسط.

بالرجوع لمواصفات الخرائط (المواصفات المصرية علي سبيل المثال) نجد أن الدقة الأفقية لأجهزة الجي بي أس الملاحية أو المحمولة يدويا لا تناسب دقة الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير، لكنها تناسب دقة الخرائط ذات مقياس الرسم المتوسط و الكبير (بدءا من مقياس رسم ١ : ٢٥،٠٠٠ أو أكبر). أما في الخرائط الكنتورية فنجد أن الدقة الرأسية لأجهزة الجي بي أس المحمولة يدويا تناسب الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير فقط (بدءا من مقياس رسم ١ : ٢٥٠،٠٠٠) حيث تكون الفترة الكنتورية علي الخريطة أكبر من ١٠ أمتار.

أما أجهزة الجي بي أس المخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية فأنها تعطي دقة أفقية تكون غالبا أقل من ١ متر. وبالتالي فأن هذه الأجهزة تناسب تجميع البيانات المكانية للخرائط بدءا من مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ (لكنها لا تناسب الخرائط الكادسترالية بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ أو ١ : ٥٠٠). وتكون الدقة الرأسية لهذا النوع من أجهزة الجي بي أس في حدود ١.٥ متر في المتوسط، أي أنها تناسب الخرائط الكنتورية بدءا من مقياس رسم ١ : ١٠،٠٠٠ حيث الفترة الكنتورية ٢ متر.

تعد الأجهزة الهندسية أو الجيوديسية أعلي أنواع أجهزة الجي بي أس من حيث الدقة الأفقية و الرأسية والتي قد تصل إلي عدة سنتيمترات قليلة، لأنها تعتمد علي طريقة الموجة الحاملة carrier phase لاستقبال إشارات الأقمار الصناعية. وبالتالي فأن هذا النوع من الأجهزة يناسب تجميع البيانات الحقلية لكل أنواع الخرائط و لكل مقاييس الرسم.

الجدول التالي يلخص العلاقة بين أنواع أجهزة الجي بي أس ودقة الخرائط.

نوع جهاز الجي بي أس المواصفات	الأجهزة الملاحية أو المحمولة يدويا	الأجهزة الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية	الأجهزة الهندسية أو الجيوديسية
الدقة الأفقية	± ٢ – ٨ متر	± ١ متر	± عدة سنتيمترات
الدقة الرأسية	± ١٢ متر	± ١.٥ متر	± عدة سنتيمترات
مقياس الرسم المناسب للخريطة غير الكنتورية	١ : ٢٥،٠٠٠ أو أصغر	١ : ٥٠٠٠ أو أصغر	جميع مقاييس الرسم
مقياس الرسم المناسب للخريطة الكنتورية	١ : ٢٥٠،٠٠٠ أو أصغر	١ : ١٠،٠٠٠ أو أصغر	جميع مقاييس الرسم
الفترة الكنتورية المناسبة	١٥ متر أو أكبر	٢ متر أو أكبر	أكبر من ٠.١ متر

٧-٣-٢ دقة الخريطة ومرئيات الاستشعار عن بعد:

منذ عام ١٩٩٩م ومع إطلاق أول قمر صناعي تجاري من أقمار تقنية الاستشعار عن بعد أصبح الحصول علي مرئية فضائية لأي منطقة في العالم أمرا سهلا و لا يتطلب إلا دفع ثمن المرئية للشركة صاحبة القمر الصناعي. وفي السنوات العشر الماضية أصبحت مرئيات الاستشعار عن بعد من أهم التقنيات المستخدمة في إنتاج الخرائط الرقمية علي اختلاف أنواعها. لكن مع التعدد الكبير في نوعيات و خصائص المرئيات الفضائية أصبح لزاما علي مصممي الخرائط أن يلموا بهذه الخصائص ليحددوا أنواع الخرائط التي يمكن تطويرها من كل نوع من المرئيات.

أهم خصائص المرئية الفضائية هو ما يعرف بقدرة التمييز المكاني spatial resolutions لها، وهو أبعاد الخلية الواحدة علي المرئية. فإذا أخذنا مرئية من القمر الصناعي Spot-5 علي سبيل المثال (مرئية غير ملونة) فأن قدرة تمييزها المكاني تبلغ ٢.٥ متر، أي أن أصغر هدف أو معلم أرضي يمكن تمييزه بوضوح علي هذه المرئية تكون أبعادة الحقيقية ٢.٥ × ٢.٥ متر. وبالتالي فأن المعالم الأرضية الأصغر من هذه القيمة لن تكون واضحة علي المرئية بدرجة يمكن منها رسمها علي الخريطة الرقمية. ومن ثم فأن هذا النوع من المرئيات لا يصلح لإنتاج الخرائط التفصيلية أو الكادسترالية التي تتطلب بيان كافة المعالم الجغرافية في المنطقة. أيضا فأن نوع المرئية (لنفس القمر الصناعي) يحدد قيمة الوضوح المكاني لها وهذه نقطة هامة للغاية لمصممي الخرائط. فعلي سبيل المثال فأن المرئية الملونة لنفس القمر الصناعي Spot-5 تبلغ قدرة تمييزها المكاني ١٠ متر (وليس ٢.٥ متر)، والمرئيات الملونة تكون أكثر استخداما في إنتاج خرائط استعمالات الأراضي حيث يمكن من المرئية تحديد أنواع الاستخدامات بناءا

علي لون الظاهرات الجغرافية علي المرئية. الجدول التالي يلخص قدرات التمييز المكاني للمرئيات الفضائية من الأقمار الصناعية المتوافرة الآن.

القمر الصناعي	قدرة التمييز المكاني
المرئيات الملونة	
القمر الصناعي	قدرة التمييز المكاني
Landsat-7	٣٠ متر
Aster	٩٠ متر
Spot-5	١٠ متر
Egypt-Sat-1	٧.٨ متر
IRS	٥.٨ متر
Ikonos-2	٤ متر
Quick Bird	٢.٤ متر
GeoEye-1	٠.٥ متر
WorldView-2	١.٨ متر
المرئيات غير الملونة	
القمر الصناعي	قدرة التمييز المكاني
Landsat-7	١٥ متر
Aster	١٥ متر
Egypt-Sat-1	٧.٨ متر
Spot-5	٢.٥ متر
IRS	٥.٨ متر
Ikonos-2	١ متر
Quick Bird	٠.٦ متر
GeoEye-1	٠.٥ متر
WorldView-2	٠.٥ متر

تأتي المرئيات الفضائية – غالبا – في صورة مرجعة جغرافيا Geo-Referenced أي أن إحداثيات المرئية تكون إحداثيات حقيقية (خط الطول و دائرة العرض) بحيث يمكن التعامل مباشرة مع المرئية في برامج إنتاج الخرائط الرقمية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية. لكن السؤال الآن: ما هي دقة هذا الإرجاع الجغرافي؟ أو إلي أي حد تكون الإحداثيات الجغرافية للمرئية الفضائية مطابقة للإحداثيات الجغرافية الحقيقية في الطبيعة؟. لنأخذ حالة افتراضية: إن كانت عملية الإرجاع الجغرافي للمرئية قد تمت باستخدام أجهزة الجي بي أس من النوع الملاحي أو المحمول يدويا، فهذا يدل علي أن إحداثيات المرئية تكون بدقة ± ٨ متر (دقة هذا النوع من أجهزة الجي بي أس). هنا لا بد أن نتوقع وجود خطأ قيمته ± ٨ متر في إحداثيات أي معلم جغرافي علي هذه المرئية، وبالتالي سينتقل هذا الخطأ إلي الخريطة الرقمية التي سيتم إعدادها اعتمادا علي هذه المرئية الفضائية. أما في الحالة (الافتراضية) الثانية فتكون أن نفس هذه المرئية الفضائية قد تم إرجاعها جغرافيا باستخدام أجهزة الجي بي أس من النوع

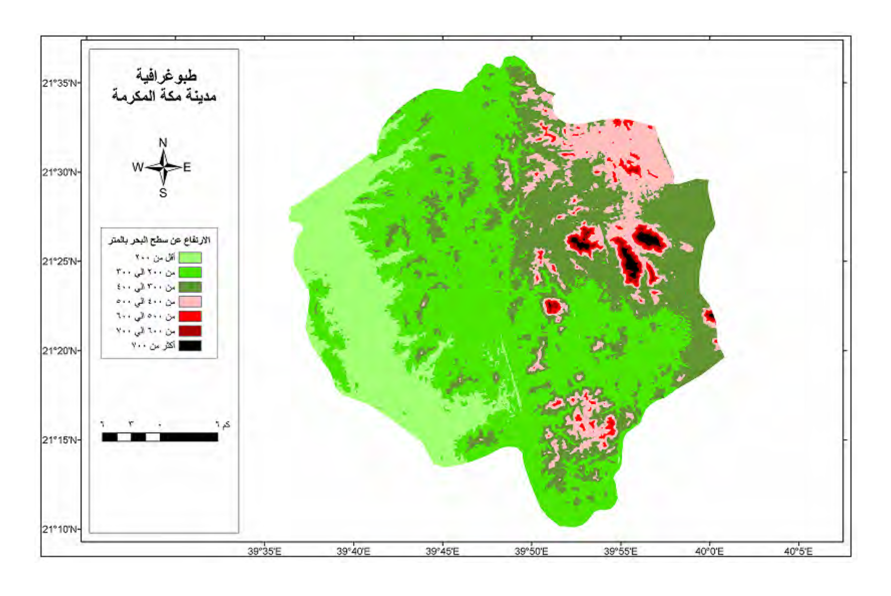
الجيوديسي أو الهندسي. وهنا تكون دقة إحداثيات المرئية في حدود ٠.١ متر (دقة الأجهزة الهندسية للجي بي أس)، وبالتالي ستكون دقة الخريطة الرقمية بنفس القيمة.

بناءا علي هذا المبدأ الهام فأن المرئيات الفضائية لا بد أن يتم تحديد مستوي دقتها المكانية (وليس قدرة تمييزها المكانية) قبل استخدامها في إنتاج الخرائط الرقمية. فإذا كان الهدف هو إنتاج خريطة رقمية تفصيلية أو كادسترالية، فأن دقة إحداثيات المرئية لا بد أن تكون في نفس مستوي دقة هذا النوع من الخرائط، وفي هذه الحالة لا بد من إرجاع المرئية جغرافيا بدقة عالية وباستخدام أجهزة الجي بي أس الهندسية وليس الملاحية. في مصر أجريت دراسة عملية حديثة (للدكتور ياسر المناديلي أستاذ الهندسة المساحية بجامعة القاهرة رحمه الله وأدخله فسيح جناته) أثبتت أن المرئيات الفضائية عالية التمييز المكاني (من نوع Quick Bird) - وبعد إرجاعها جغرافيا باستخدام أجهزة الجي بي أس الهندسية - تصلح لإعداد خرائط تفصيلية كادسترالية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ .

أيضا يجب علي مصمم الخريطة الرقمية Mapmaker أن يكون ملما بالمرجع الجغرافي للمرئية الفضائية قبل البدء في إعداد الخريطة. فان كان المرجع الجغرافي للمرئية هو أحد المراجع العالمية (مثل WGS84) فيجب تحويله إلي المرجع الوطني المطلوب – لهذه الدولة– ثم إتمام عملية تحويل المرئية إلي خريطة رقمية.

٧-٣-٣ دقة الخريطة ونماذج الارتفاعات الرقمية:

نموذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Model أو اختصارا DEM هو ملف رقمي يحتوي بيانات الارتفاع (المنسوب) لمنطقة جغرافية محددة. قد يكون نموذج الارتفاعات الرقمية في صورة خطية Vector (مجموعة من السطور يتكون كل سطر من الإحداثيات الثلاثة س،ص،ع لنقطة) أو قد يكون في صورة شبكية Raster لتمثيل تضاريس أو طبوغرافية سطح الأرض في المنطقة.



شكل (٧-١) تضاريس مدينة مكة المكرمة من نموذج ارتفاعات رقمية

يمكن الحصول علي نموذج ارتفاعات رقمية بطرق متعددة أو من خلال عدة مصادر للبيانات Input منهم علي سبيل المثال:

أ- قياسات المساحة الأرضية بأجهزة الميزان أو المحطة الشاملة Total Station أو أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع GPS ثم نستخدم أحد برامج الكمبيوتر لإنشاء نموذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.
ب- من الخرائط الكنتورية (بعد ترقيمها علي الحاسب الآلي).
ت- من الصور الجوية Aerial Photographs.
ث- من مرئيات الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد Remote-Sensing Images.
ج- من نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية المجانية.

النوع الأخير هو أكثر أنواع نماذج الارتفاعات الرقمية شيوعا و استخداما في السنوات القليلة الماضية لعدة أسباب: (١) سهولة الحصول عليه (من شبكة الانترنت)، (٢) مجانية الحصول عليه، (٣) أنها نماذج عالمية تغطي كافة أرجاء اليابسة علي سطح الأرض. وهناك عدة نماذج ارتفاعات رقمية عالمية متاحة مجانا ومنها علي سبيل المثال:

- نموذج GLOBE:
http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/globe.html
- نموذج ETOPO2:
http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/06mgg01.html
- نموذج ASTER:
http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/
- نموذج SRTM:
http://srtm.usgs.gov/

يعد نموذجي الارتفاعات الرقمية SRTM ,Aster من أكثر النماذج استخداما حول العالم وخاصة من حيث قدرة التمييز المكاني Spatial resolution. نموذج SRTM من تطوير كلا من هيئة المساحة العسكرية الأمريكية ووكالة الفضاء الأمريكية ويوجد منه ٣ مستويات من الوضوح المكاني (أو قدرة التمييز المكاني): SRTM30 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ٣٠ ثانية من خطوط الطول و دوائر العرض (أي حوالي ٩٠٠ متر)، SRTM3 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ٣ ثانية (أي حوالي ٩٠ متر)، SRTM1 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ١ ثانية (أي حوالي ٣٠ متر). كلا النموذجين SRTM30, SRTM3 متاحين مجانا علي الانترنت، بينما النموذج الثالث SRTM1 متاح فقط لمنطقة شمال أمريكا (الولايات المتحدة الأمريكية و كندا فقط). أما نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي Aster فهو من تطوير كلا من وزارة الصناعة اليابانية ووكالة الفضاء الأمريكية، وله مستوي واحد من قدرة التمييز المكانية والذي يبلغ ٣ ثانية أي ٩٠ متر. تعد قدرة التمييز المكاني من العناصر الأساسية لأي نموذج ارتفاعات رقمي حيث أنها تعبر عن قدرة النموذج في تمثيل تضاريس سطح الأرض. إن طول الخلية pixel يعبر عن طول و عرض أصغر منطقة يمكن تمييز قيمة منسوب الأرض عندها، أي أن قيمة المنسوب تكون واحدة (كقيمة متوسطة) لهذه الخلية و لا يمكن معرفة أية تفاصيل طبوغرافية داخل هذه الخلية.

يمكن استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية لإنتاج الخرائط الكنتورية لأي منطقة في العالم وذلك لسهولة و مجانية تحميل النموذج من الانترنت في لحظات. لكن السؤال الأهم هنا هو: ما دقة بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية؟ وهل تصلح هذه النماذج لإنتاج الخرائط الكنتورية بأي مقياس رسم؟. الموقع الرسمي لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) يحدد دقة نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي SRTM بقيمة تتراوح بين ± ٦ – ١٠ متر علي المستوي العالمي، و دقة نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي Aster بقيمة تتراوح بين ± ٧ – ١٤ متر علي المستوي العالمي. أي أن قيمة منسوب أي نقطة مستنبطة من نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM تحتمل خطأ متوقع قيمته تتراوح بين ٦ و ١٠ أمتار، بينما قيمة منسوب أي نقطة مستنبطة من نموذج الارتفاعات الرقمية Aster تحتمل خطأ متوقع قيمته تتراوح بين ٧ و ١٤ متر. أجريت حديثا دراسة في مدينة مكة المكرمة (للمؤلف مع كلا من د. خالد الغامدي و د. معراج مرزا) أثبتت أن دقة نموذج SRTM3 تبلغ ± ٥.٨٥ متر بينما دقة نموذج Aster تبلغ ± ٨.٦٦ متر في مدينة مكة المكرمة. فإذا عدنا للجزء ٧-١-٢ من هذا الفصل سنجد أن هذه الدقة الرأسية تناسب فقط الخرائط الكنتورية التي بها الفترة الكنتورية تساوي أو أكبر من ١٠ متر وهي الخرائط الجغرافية (أو الخرائط العامة) ذات مقياس الرسم الصغير بدءا من مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠. وبالتالي فأن هذه النماذج لا تناسب مواصفات إنتاج الخرائط الكنتورية التفصيلية صغيرة أو متوسطة مقياس الرسم.

تجدر الإشارة لوجود نماذج ارتفاعات رقمية وطنية تقوم بتطويرها الجهات الحكومية المسئولة عن تطوير الخرائط في كل دولة. فعلي سبيل المثال يوجد في المملكة العربية السعودية نموذج ارتفاعات رقمية يتميز بقدرة تمييز مكاني تبلغ ٥ متر فقط ودقة رأسية تبلغ ± ٣ أمتار، وبالتالي فأنه يناسب إنتاج الخرائط ذات الفترة الكنتورية ٥ متر (مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠).

٧-٤ مواصفات إعداد الخرائط الرقمية:

كما أن للخرائط المطبوعة مواصفات محددة لشكل الخريطة و حجم الورقة المطبوعة عليها ومقياس رسمها، فيجب أن تكون هناك مواصفات أيضا للخريطة الرقمية و مكوناتها و خصائصها.

تقوم الإدارات الحكومية المسئولة عن إنتاج الخرائط في الدول الأوروبية و الأمريكية بإعداد ملفات إرشادية Guidelines لمواصفات الخرائط الرقمية التي تعدها الشركات وتقدمها للاعتماد من هذه الجهات. تختلف طبيعة و كم تفاصيل هذه الملفات الإرشادية من دولة لآخري ومن نوع خريطة لآخر، لكنها – بصفة عامة – تحدد أهم مواصفات الخرائط الرقمية والتي تشمل:

- نوع المسقط
- نوع الإحداثيات
- نوع وحدات القياس
- صيغ formats الملفات الرقمية
- نظام قياسي code لتصنيف استخدامات الأراضي.
- نظام قياسي للرموز علي الخريطة.
- نظام قياسي لاستخدام الألوان علي الخريطة.
- كم و نوع التفاصيل الممثلة علي خريطة الأساس Base map.
- مواصفات الأجهزة المستخدمة في تحويل الخرائط المطبوعة إلي رقمية.

بعض من هذه الملفات الإرشادية (أنظر المراجع) يشمل ملفات كلا من:

١. هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية: مواصفات الخرائط الرقمية لمقياس ر سم ١ : ٢٤،٠٠٠
٢. مركز الأمم المتحدة للبيانات الإنسانية: إرشادات مواصفات الخرائط.
٣. ولاية فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية: إرشادات إعداد الخرائط التفصيلية الرقمية.
٤. مقاطعة كولومبيا البريطانية بكندا: مواصفات تقديم الخرائط الرقمية.
٥. مدينة سكرامنتو بولاية كاليفورنيا: مواصفات تقديم الخرائط الرقمية.
٦. إدارة المناجم و الموارد و الطاقة في ولاية فرجينيا بالولايات المتحدة الأمريكية مواصفات تقديم الخرائط الرقمية.
٧. الجمعية الدولية لتقييم العقارات (المعروفة اختصارا باسم IAAO): مواصفات الخرائط الرقمية التفصيلية و السجل العقاري.

يجب علي الدول العربية (خاصة الهيئات الحكومية المسئولة عن إنتاج الخرائط) القيام بإعداد و نشر مواصفات قياسية للخرائط الرقمية لأن هذا النوع من الخرائط قد أنتشر بسرعة كبيرة في السنوات القليلة الماضية مما يستوجب إتباع مواصفات قياسية للخرائط الرقمية.


الخرائط الرقمية
الجزء الثاني: التطبيق العملي
NORTH AMERICA
EUROPE
ASIA
AFRICA
SOUTH AMERICA
AUSTRALIA
ANTARCTICA
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41
T
S
R
Q
P

الفصل الثامن

الخرائط العامة باستخدام Arc GIS

في الفصل الأول من هذا الكتاب (الجزء ١-٢) تم الإشارة إلي أن الفرق الأساسي بين تقنية الخرائط الرقمية و تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS يتمثل في أن الخرائط الرقمية تقف عند حد استخدام التقنيات (الكمبيوتر و البرامج التقنية المتخصصة) لإعداد الخريطة الرقمية بينما تستمر تقنية نظم المعلومات الجغرافية فيما هو أبعد من ذلك من خلال تحليل و معالجة البيانات المكانية وغير المكانية. بناءا علي هذا الفرق الجوهري فأن برامج الكمبيوتر المتخصصة في نظم المعلومات الجغرافية (مثل برنامج Arc GIS علي سبيل المثال) يمكن استخدامها أيضا في تطوير و إعداد الخرائط الرقمية.

تجدر الإشارة لوجود ملفات **فيديو** تعليمية للتدريب علي برنامج Arc GIS بعضها باللغة العربية متوافرة بكثرة علي شبكة الانترنت، وروابط بعض هذه الملفات موجودة في قائمة المراجع في نهاية هذا الكتاب. علي القارئ أن يحصل download علي هذه الملفات ليستخدمها – مع الشرح المكتوب في الفصول العملية للكتاب – في إتمام عملية التعليم و التدريب.

٨-١ برنامج Arc GIS

تتعدد برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS Software لتشمل عدد كبير من البرامج التجارية المتاحة في الأسواق. لكن ربما يعد برنامج Arc GIS من إنتاج شركة ESRI هو الأشهر خاصة في المنطقة العربية. كما أنتجت شركة AutoDesk صاحبة برنامج الرسم والتصميم الشهير AutoCAD برنامجها لنظم المعلومات الجغرافية المسمي AutoCAD Map 3D. كما تحتل برامج GeoMedia و Map Info مكانة متقدمة في برامج نظم المعلومات الجغرافية. أيضا في الفترة الأخيرة بدأ ظهور برامج نظم معلومات جغرافية مفتوحة المصدر Open Source وهي برامج غير تجارية يتعاون بعض مصممي البرامج و المتخصصين من عدة تخصصات علمية في تطويرها مع إتاحة برامج التشغيل الأساسية لها Source Codes لكافة المستخدمين بحيث يكون لديهم إمكانية تطوير البرنامج ذاته وإضافة أدوات جديدة له كلا حسب تخصصه و استخداماته. ومن هذه البرامج مفتوحة المصدر برنامج Map Window وبرنامج Quantum وبرنامج GRASS.

يأتي برنامج Arc GIS في ثلاثة مستويات تقنية من حيث الإمكانيات الفنية:

- المستوي الأساسي المعروف باسم Arc View
- المستوي القياسي المعروف باسم Arc Editor
- المستوي الأكثر تقدما والشامل لجميع الإمكانيات الفنية والمعروف باسم Arc Info.

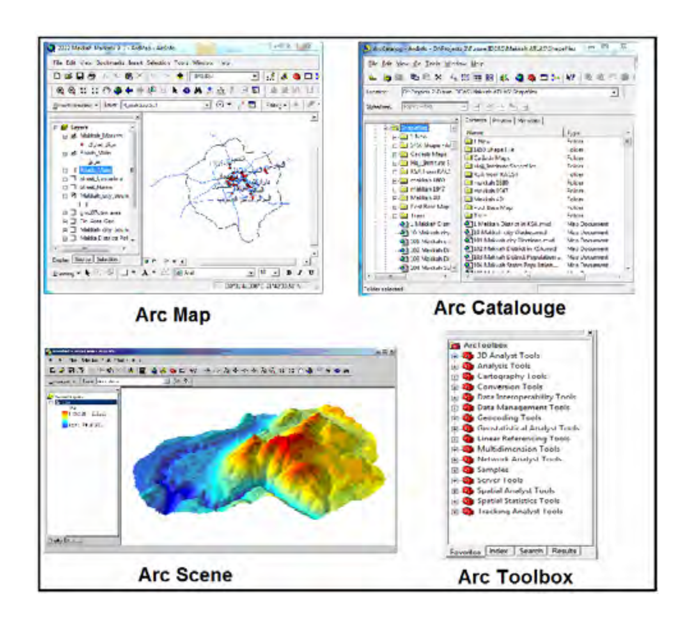
النسخة الحالية من Arc GIS هي الإصدار العاشر، إلا أننا في هذا الكتاب سنعتمد في الشرح علي الإصدار أو النسخة ٩.٣ لأنها الأكثر انتشارا حتى الآن. عند تثبيت البرنامج لأول مرة علي الكمبيوتر setup يجب أن يتم اختيار المستوي المتقدم Arc Info حتى يستطيع المستخدم التعامل مع كافة إمكانيات البرنامج (و سنفترض في هذا الكتاب أن هذا ما حدث فعلا).

يتكون Arc GIS من عدد من البرامج تشمل:

١. برنامج Arc Map لتحرير البيانات والتحليل ورسم الخرائط.
٢. برنامج Arc Catalogue لإدارة الملفات من نسخ و حذف و إنشاء ... الخ وأيضا في البرمجة و النمذجة Modeling.
٣. برنامج Arc Toolbox الذي يضم أدوات تحليل و معالجة البيانات وعمل التحليلات الإحصائية و المكانية وأدوات تخصصية في كافة التخصصات مثل إسقاط الخرائط و نظم الإحداثيات و الهيدرولوجي و معالجة المرئيات.
٤. برنامج Arc Object للبرمجة programming وإعداد أدوات جديدة داخل Arc GIS باستخدام لغة Visual Basic Application (VBA).
٥. برنامج Arc Globe لعرض البيانات العالمية ثلاثية الأبعاد (الضخمة) علي المستوي العالمي.
٦. برنامج Arc Scene للعرض التفاعلي المتحرك للبيانات مثل الطيران التخيلي فوق منطقة معلوم لها أبعادها الثلاثية 3D Animation.

المكونات الثلاثة الأولي هي مكونات البرنامج الأساسية والتي سنستخدمها (فقط) في هذا الكتاب لإعداد الخرائط الرقمية.

كما توجد برامج أخري من شركة ESRI مثل:
١. برنامج Arc Reader وهو برنامج مجاني لعرض ملفات نظم المعلومات الجغرافية التي تم تطويرها ببرنامج Arc GIS.
٢. برنامج Arc IMS (تغير أسمه إلي ArcGIS Server) لتبادل ومشاركة بيانات نظم المعلومات الجغرافية علي الانترنت بين عدد من المستخدمين.
٣. برنامج Arc Publisher لعرض البيانات علي الانترنت حتى لمن ليس لديهم البرنامج الأصلي Arc GIS.
٤. برنامج Arc PAD للأجهزة المحمولة سواء الجوالات (الموبايل) أو أجهزة ipad.



شكل (٨-١) مكونات برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS

في هذا الكتاب سنعتمد علي أسلوب **"التعلم أثناء الممارسة" Learn by Practice** بمعني أننا سنبدأ في أمثلة عملية ننفذها خطوة بخطوة، وأثناء تنفيذ كل تمرين سيتعلم القارئ وظائف أيقونات البرنامج وأوامره المختلفة بحيث يمكنه بعد ذلك إعداد أي خريطة رقمية لأي منطقة بنفس الأسلوب. يمكن لقارئ الكتاب أن يقوم بتنفيذ هذه التمارين بنفسه بعد أن يقوم بحفظ الخرائط المستخدمة في كل تمرين (من ملف pdf للكتاب الحالي) سواء:

(١) باستخدام أي برنامج من برامج اقتطاع الصور من شاشة الكمبيوتر (مثل برنامج screen hunter المجاني علي الانترنت) أو

(٢) باستخدام مفتاح prt sc في لوحة مفاتيح الكمبيوتر والذي يحفظ صورة من كل المعروض علي شاشة الكمبيوتر، ثم يمكن فتح برنامج "الرسام أو Paint" (أحد البرامج المساعدة من برامج نظام الويندوز نفسه) ولصق هذه الصورة ثم حفظها في ملف صور من أي امتداد مثل Gif, or Tiff, or Jpg.

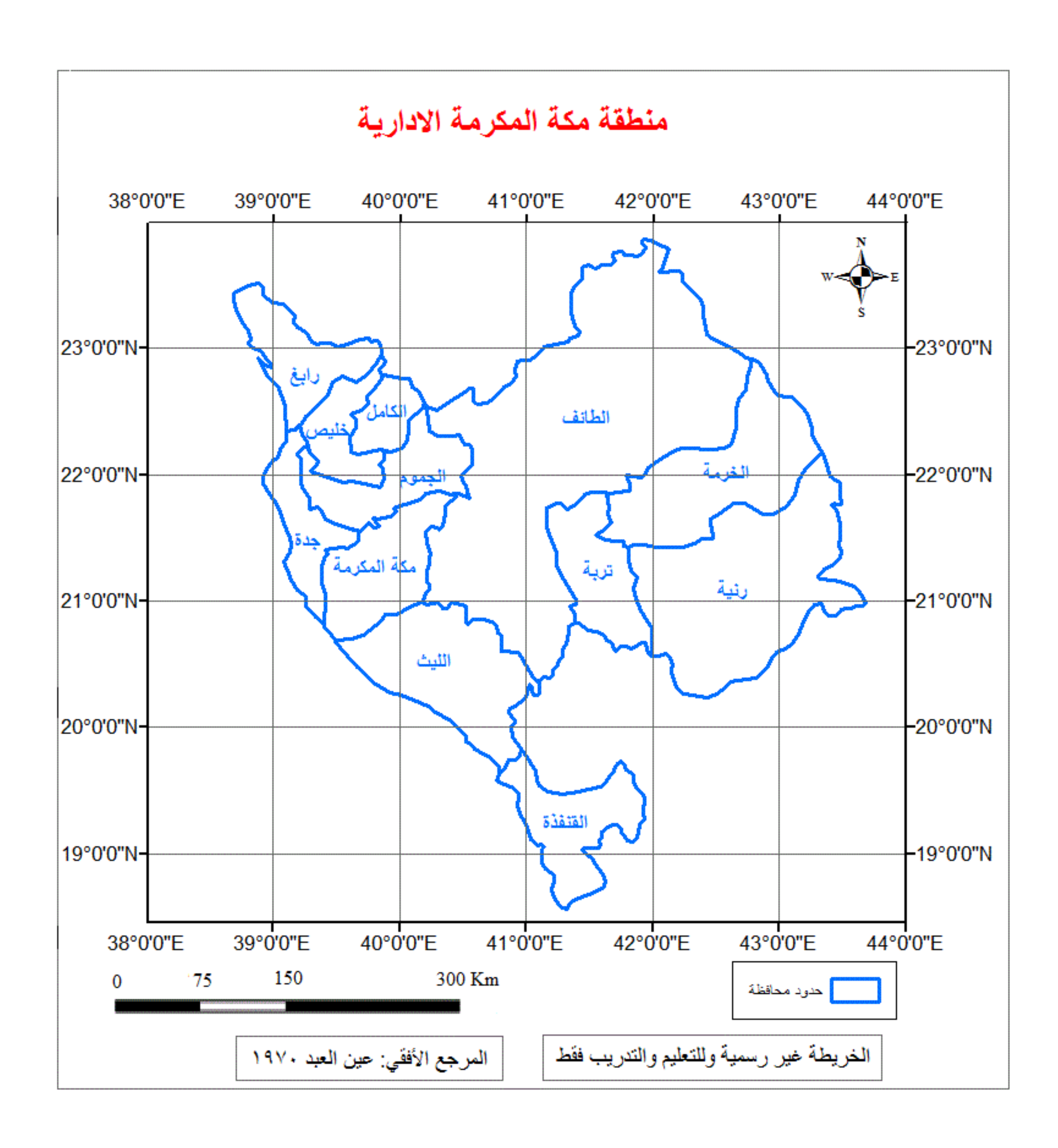
من أهم النقاط **الخطيرة** التي يجب علي المستخدم أن يعرفها عن برنامج Arc GIS أنه لا يدعم اللغة العربية بنسبة ١٠٠%، لذلك **هناك ٤ مواضع من الأفضل فيها عدم استخدام الأحرف العربية** علي الإطلاق (وإلا من الممكن أن يتعرض الملف لعدم إمكانية فتحه مرة أخري حتى لو بعد أسابيع أو شهور وبذلك نفقد كل ما به من معلومات !) وهي:

١. أسم المشروع
٢. أسم الطبقة
٣. أسم العمود في قاعدة البيانات
٤. أيضا من المستحسن: أسم المجلد الذي بداخله الملفات.

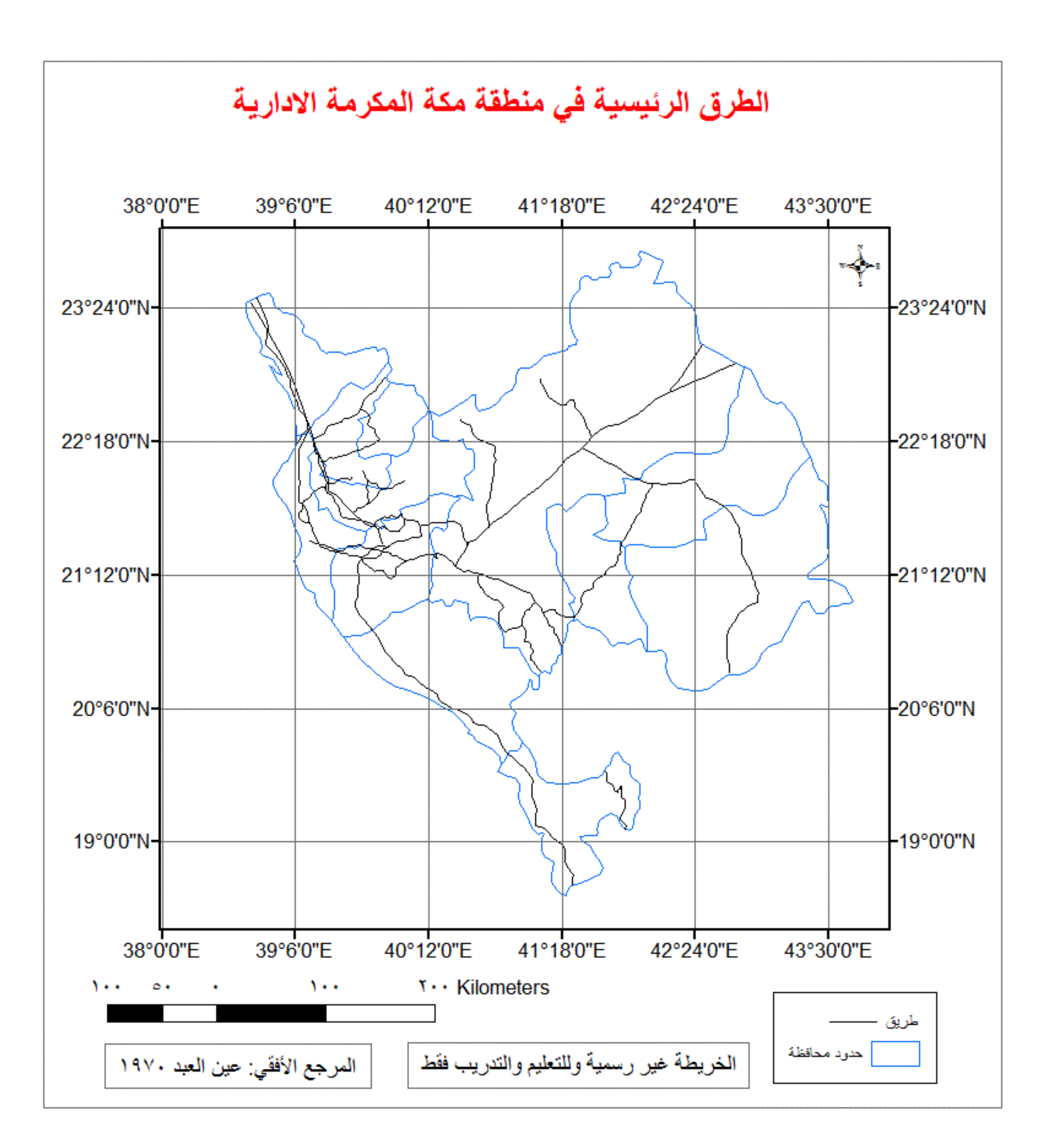
أما بخلاف هذه المواضع الأربعة فيمكن استخدام الأحرف العربية بأمان داخل برنامج Arc GIS فيمكننا – علي سبيل المثال - كتابة عنوان الخريطة بالأحرف العربية وكذلك أسماء المعالم الجغرافية بالخريطة ... الخ.

سنبدأ التمارين العملية باستخدام ثلاثة صور لخرائط و التي سنفترض أنها صور ممسوحة scanned لخرائط حقيقية من الخرائط الورقية المطبوعة. **الهدف** هو تحويل هذه الخرائط الورقية إلي خرائط رقمية، وسيتم ذلك من خلال عدد من الخطوات تشمل:

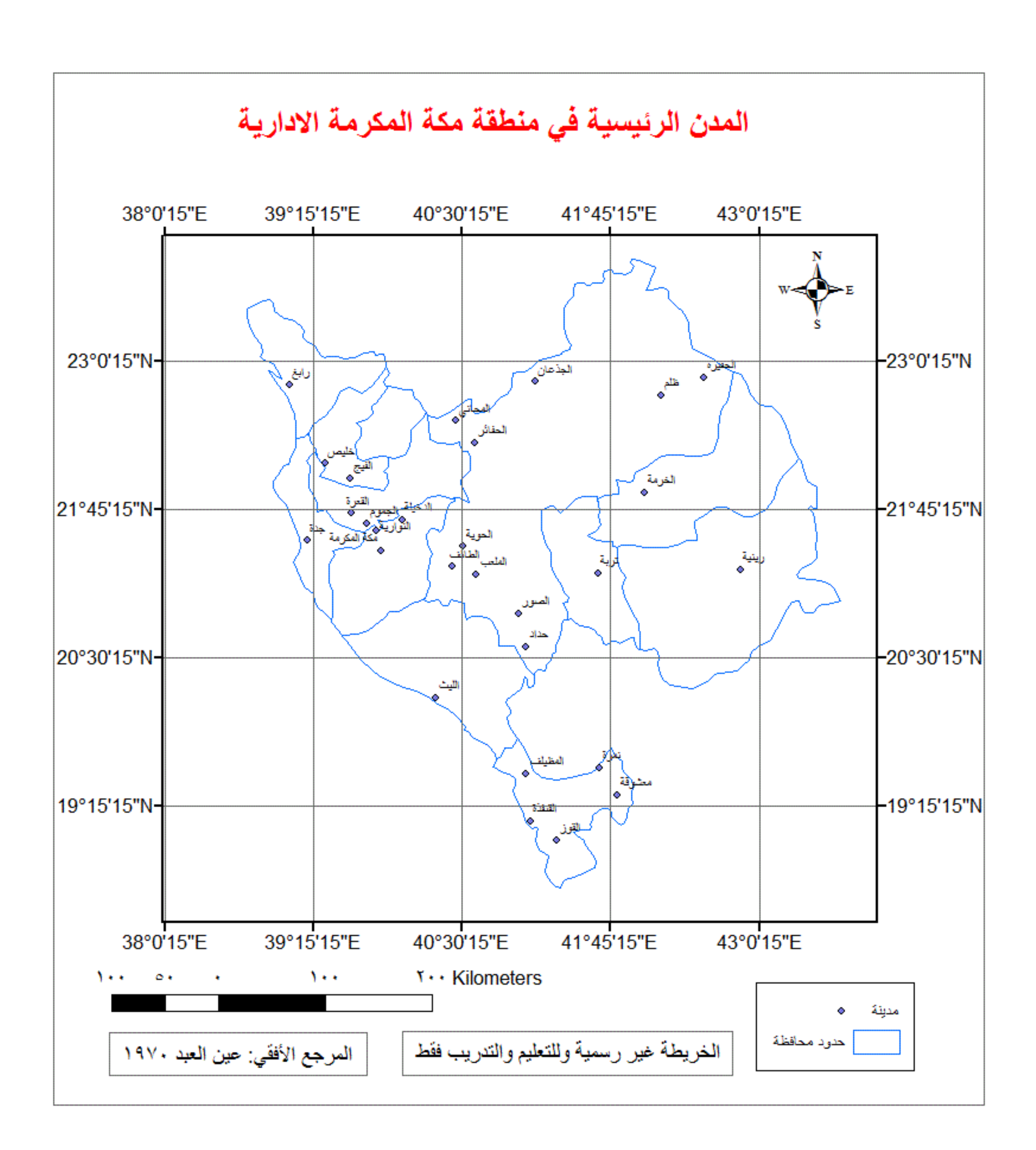
١. الإرجاع الجغرافي
٢. إنشاء الطبقات الرقمية
٣. الترقيم
٤. إنشاء قاعدة البيانات غير المكانية
٥. الإخراج النهائي للخريطة الرقمية



شكل (٨-٢) الخريطة التعليمية رقم ١



شكل (٨-٣) الخريطة التعليمية رقم ٢

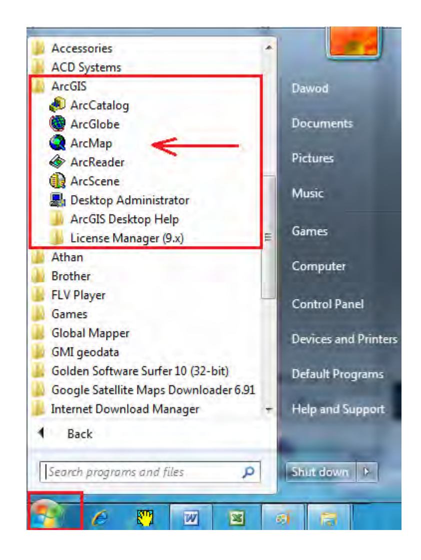


شكل (٨-٤) الخريطة التعليمية رقم ٣

٨-٢ الإرجاع الجغرافي

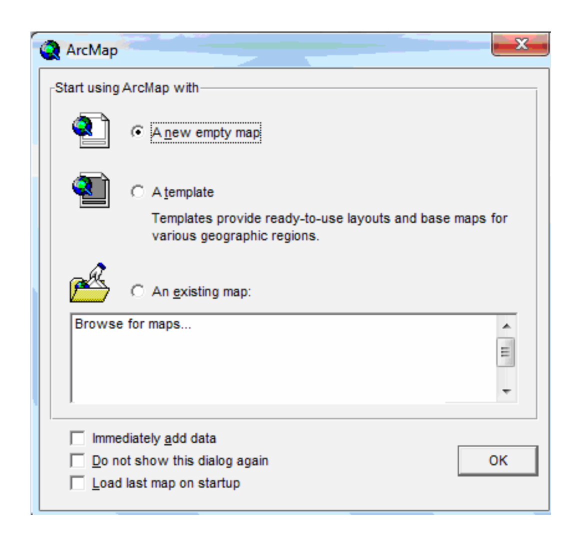
٨-٢-١ برنامج Arc Map

نبدأ تشغيل برنامج Arc Map من مجموعة Arc GIS في قائمة البرامج المثبتة علي الكمبيوتر:

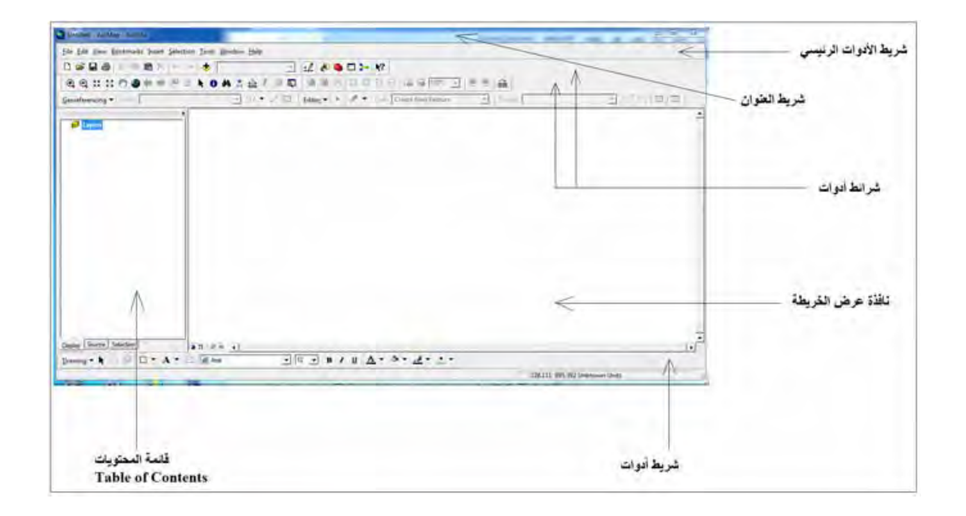


أول شاشات البرنامج بها ٣ اختيارات:

A new empty map: فتح خريطة (ملف) جديد.
A template: فتح نموذج ملفات محدد.
An existing map: فتح خريطة (ملف) موجود فعلا، أي خريطة أو ملف قديم.



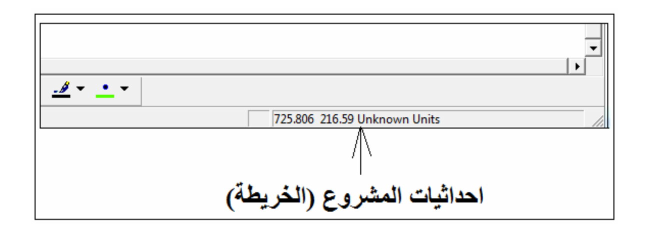
حيث أننا نبدأ أولي الخطوات (وليس لدينا ملفات قديمة) فسنأخذ أول اختيار A new empty map ثم نضغط OK.



تتكون شاشة Arc Map من:

- مجموعة من شرائط الأدوات ستختلف شكلها من مستخدم لآخر (لأن البرنامج به مجموعة كبيرة من الشرائط ولا يمكن فتحها جميعا معا، لذلك يقوم كل مستخدم بفتح شرائك الأدوات التي يحتاجها في هذه اللحظة أو هذه الخريطة)، بما فيها شريط العنوان بأعلى الشاشة.
- رأسيا تنقسم الشاشة (الجزء الأبيض) إلي جزأين:
  - قائمة المحتويات علي يسار الشاشة: بها يتم عرض أسماء و خصائص الطبقات أو الصور التي يتكون منها المشروع الحالي.
  - نافذة عرض الخريطة علي يمين الشاشة: بها يتم عرض المحتوي الجغرافي (المعالم المكانية) لكل ملف من الملفات الموجودة في قائمة المحتويات.

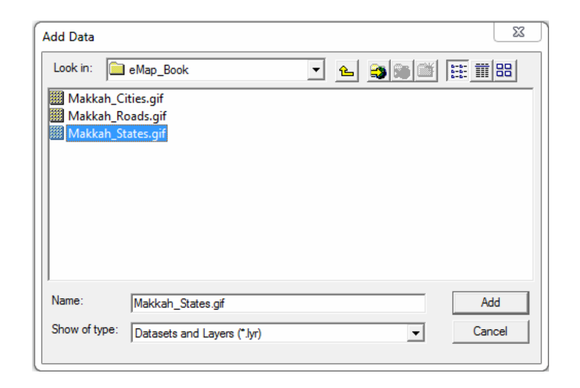
في شريط الأدوات الأخير بأسفل الشاشة توجد إحداثيات المشروع أو إحداثيات الخريطة الحالية، وبالطبع فهي الآن إحداثيات وهمية يبدأ بها البرنامج طالما أننا لم نحدد بعد الإحداثيات الحقيقية. نلاحظ أيضا أن البرنامج يكتب بجوار الإحداثيات كلمة Unknown Units أي أن وحدات الإحداثيات غير معلومة. إذا تحركنا بالماوس داخل نافذة عرض الخريطة سنجد أن قيم الإحداثيات (في شريط الأدوات) تتغير باستمرار، حيث أن البرنامج يعرض في هذا الشريط إحداثيات موقع الماوس علي الخريطة.



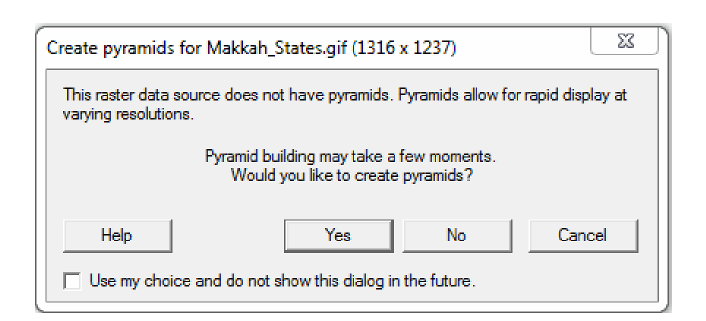
٨-٢-٢ إضافة بيانات إلي مشروع Arc Map

في أول خطوة سنضيف صورة الخريطة (الممسوحة ضوئيا) إلي المشروع الحالي من خلال أيقونة Add Data والتي تستخدم لإضافة البيانات (صور أو طبقات أو ملفات) إلي المشروع (من أهم خصائص برنامج Arc GIS أنه يعطي أسم الأيقونة بمجرد الوقوف عليها بالماوس مما يسهل للمستخدم المبتدئ للبرنامج معرفة وظيفة كل أيقونة Add Data):

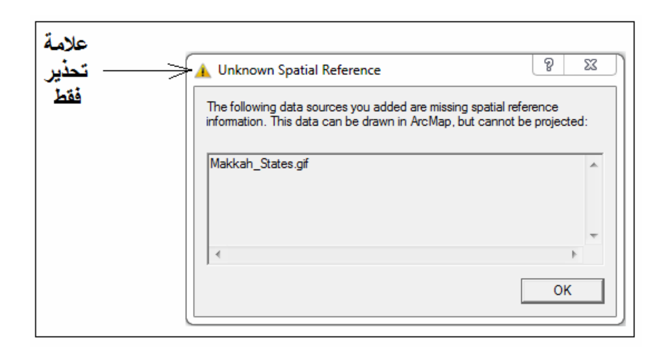
نذهب للمجلد الموجود به ملف الصورة المطلوبة (بنفس خطوات التجول داخل ملفات الويندوز) ونختار الصورة ثم نضغط Add :



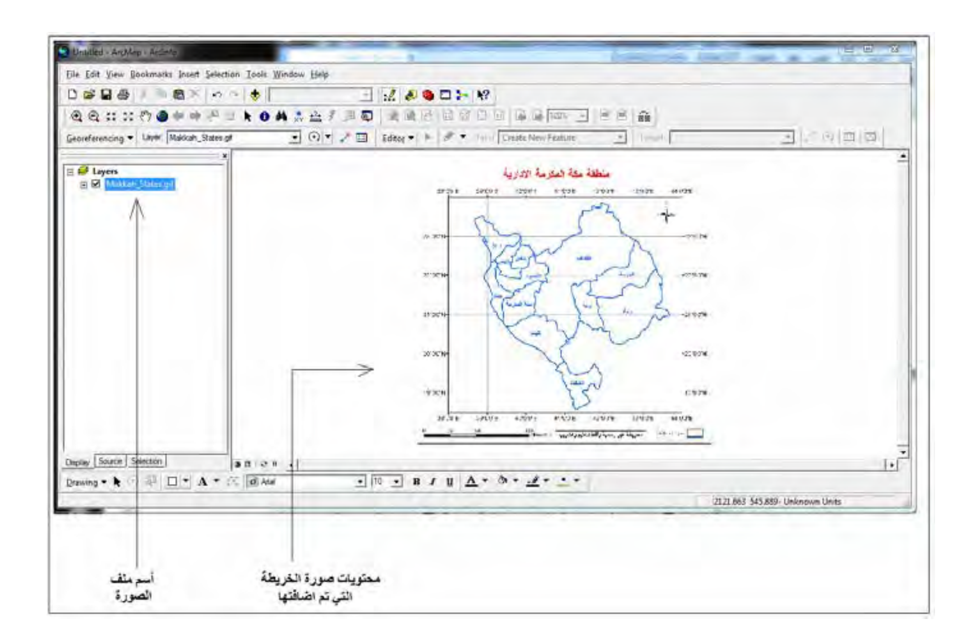
يسأل البرنامج إن كنا نريد تقسيم هذه الصورة إلي ٣ مستويات من الألوان (سيسأل البرنامج هذا السؤال لجميع أنواع الصور) - ودون الدخول في التفاصيل - نختار Yes:



ستظهر نافذة تحذيرية (وليست نافذة خطأ) تقول أن الصورة المطلوب استدعائها ليس لها نظام إحداثيات محدد ! مؤقتا سنوافق علي ذلك و نختار OK:



الآن سيظهر المحتوي الجغرافي (معالم) صورة الخريطة في نافذة العرض (يمين الشاشة) بينما سيظهر أسم ملف صورة الخريطة نفسها في نافذة قائمة المحتويات علي يسار الشاشة:



الآن نريد أن نستكشف تفاصيل هذه الصورة (فهي مجرد صورة خريطة وليست خريطة في حد ذاتها)، فنستخدم الأيقونات التالية - علي القارئ استخدام هذه الأيقونات بنفسه و التدريب عليها:



تكبير جزء (مستطيل) محدد من الخريطة نحدده بالماوس

تصغير جزء (مستطيل) محدد من الخريطة نحدده بالماوس

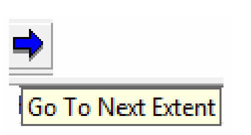
تكبير الخريطة بنسبة محددة (دون تدخل المستخدم لتحديد جزء معين)

تصغير الخريطة بنسبة محددة

تحريك الخريطة في اتجاه معين (بالماوس)

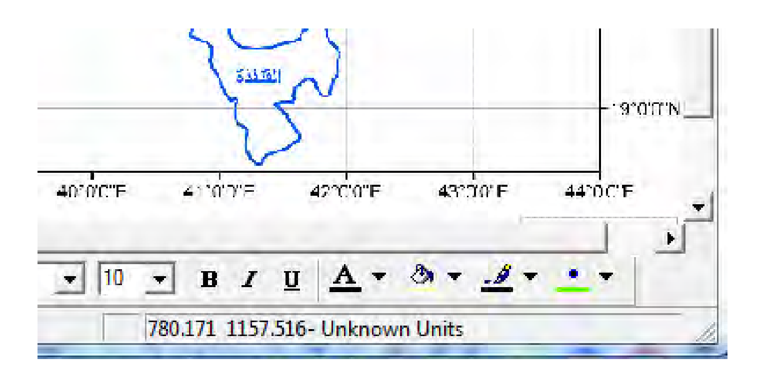
عرض كامل الخريطة بكل معالمها

الرجوع للشاشة السابقة



التقدم للشاشة التالية

نلاحظ أن الإحداثيات الظاهرة في شريط الأدوات بأسفل الشاشة مازالت إحداثيات وهمية (أرقام غير منطقية) ومكتوب بجوارها Unknown Units أي وحدات مجهولة:



<u>٨-٢-٣ خطوات الإرجاع الجغرافي لصورة</u>

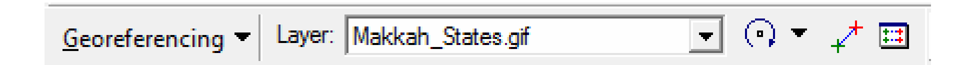
يدل ذلك علي أن البرنامج يتعامل الآن مع هذه الصورة دون أن يعرف المنطقة الجغرافية التي تمثلها (هذه الإحداثيات هي إحداثيات جهاز الماسح الضوئي scanner عند مسح الخريطة الأصلية ضوئيا). بناءا علي ذلك فأن أولي الخطوات المطلوبة الآن هي: تعريف برنامج Arc Map بحدود المنطقة الجغرافية للصورة بإحداثياتها الجغرافية الحقيقية، وهذه العملية هي ما يطلق عليها اسم "**<u>الإرجاع الجغرافي Georeferencing</u>**".

تتم عملية الإرجاع الجغرافي للصورة من خلال تحديد عدد ٤ نقاط (<u>علي الأقل</u>) علي الصورة وإدخال قيم الإحداثيات الجغرافية الحقيقية لهذه النقاط:

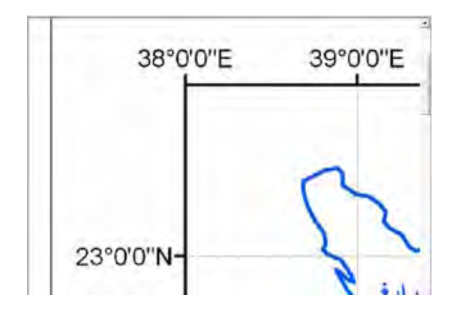
- الحد الأدنى لعدد نقاط الإرجاع الجغرافي يساوي ٤.
- من الأفضل أن يزيد عدد نقاط الإرجاع عن ٤ وكلما زاد هذا العدد كلما كانت عملية الإرجاع أدق و أفضل.
- يجب أن تكون نقاط الإرجاع الجغرافي موزعة توزيعا جيدا علي أنحاء الصورة، والأفضل – في حالة الاكتفاء بأربعة نقاط فقط - أن تكون هذه النقاط في الأركان الأربعة للصورة.

للبدء في عملية الإرجاع الجغرافي يجب أن يكون شريط الأدوات الخاص بالإرجاع نشطا في شاشة برنامج Arc Map. فان لم يكن موجودا – علي الشاشة - فيمكن تفعيله بالضغط بالماوس الأيمن علي أي جزء من أعلي الشاشة (الجزء الرمادي اللون) فتنسدل قائمة بها جميع شرائط أدوات Arc Map حيث تكون الشرائط النشطة أمامها علامة "صح". نبحث عن أسم شريط أدوات Georeferencing ونضغط بالماوس لتفعيله:

فيظهر لنا شريط الأدوات علي الشاشة:

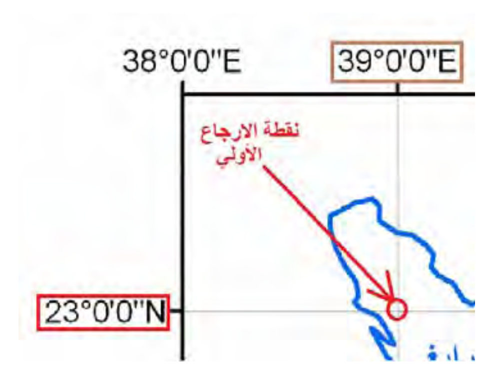


قبل أن نبدأ في تحديد نقطة الإرجاع الأولي نستخدم أيقونة التكبير لتكبير الجزء العلوي علي اليسار من صورة الخريطة:

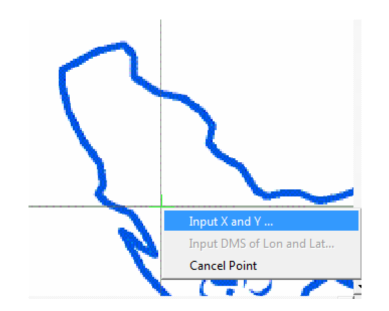


من شريط أدوات الإرجاع نختار أيقونة "إضافة نقطة تحكم Add control point" لتحديد موقع نقطة الإرجاع علي الصورة، ونلاحظ أن مؤشر الماوس قد تغير شكله الآن ليصبح مثل علامة + حتى يسهل علي المستخدم تحديد موقع نقطة الإرجاع بدقة.

بالنظر لصورة الخريطة (في المثال الحالي) نجد أن النقطة المعلوم لها الاحداثيين (خط الطول و دائرة العرض) هي تقاطع خط الطول ٣٩ شرقا مع دائرة العرض ٢٣ شمالا:



باستخدام الماوس الأيسر نحدد موقع نقطة الإرجاع (بكل دقة) ثم نضغط الماوس الأيمن فتفتح نافذة بها أمر Input X and Y لإدخال قيم الاحداثيين X,Y الحقيقيين لهذه النقطة:



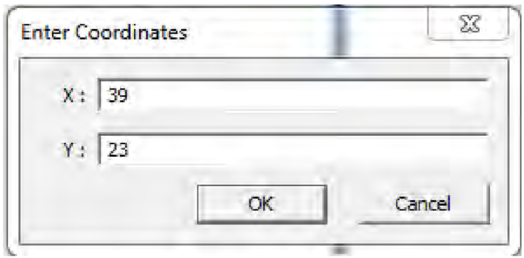
برنامج Arc Map يتعامل مع الإحداثيات باستخدام:

- محور X في اتجاه الشرق

- محور Y في اتجاه الشمال

أي أن في الإحداثيات الجغرافية: خط الطول سيكون هو المحور X ودائرة العرض ستكون هي المحور Y. بذلك فأن قيمة الاحداثي X لنقطة الإرجاع الأولي (أنظر صورة الخريطة) ستساوي ٣٩ وقيمة الاحداثي Y لها ستساوي ٢٣.

نضغط بالماوس علي أمر Add X and Y ثم نكتب قيم الإحداثيات الحقيقية لنقطة الإرجاع الأولي:



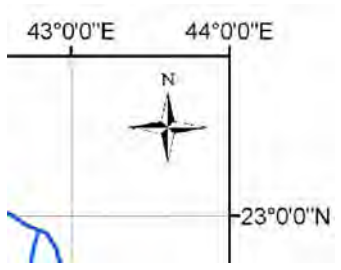
يجب الانتباه لوجود علامة "–" في بعض الأحيان في نافذة إدخال البيانات ويجب حذف هذه الإشارة أثناء كتابه قيم كلا من Y , X ، لأن عدم حذف هذه العلامة سيجعل قيم الإحداثيات خطأ بالطبع.

ثم نضغط OK.

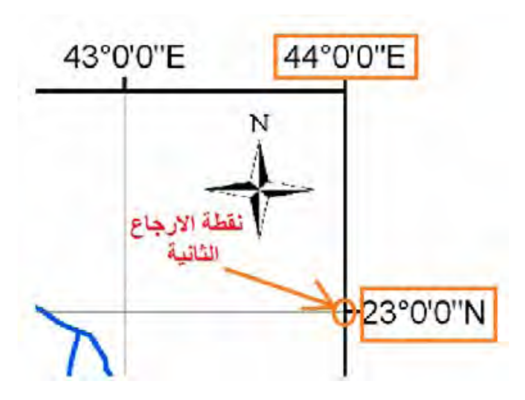
ربما نلاحظ أن الجزء (من الصورة) المعروض علي الشاشة قد تغير فجأة الآن، والسبب في ذلك أن برنامج Arc Map قد حرك الصورة قليلا لكي تقع نقطة الإرجاع الأولي في موقعها الذي قمنا بإدخاله.



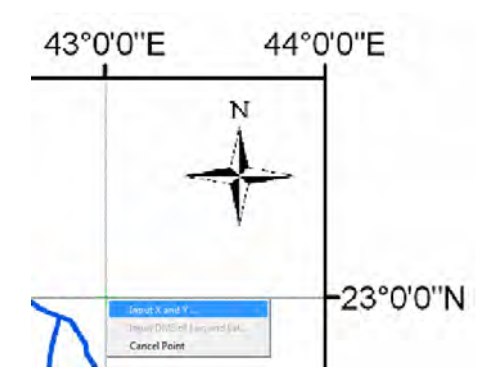
الآن نريد أن نكرر نفس الخطوات لنقطة الإرجاع الثانية والتي ستكون في أقصي يمين الجزء العلوي من الصورة. توجد عدة وسائل للوصول لهذا الجزء (باستخدام الأيقونات المختلفة من شريط أدوات Tools) لكن يمكن – علي سبيل المثال – استخدام أيقونة الامتداد الكلي Full Extent لعرض كامل الصورة ثم استخدام أيقونة التكبير لتكبير الجزء المطلوب من الصورة:



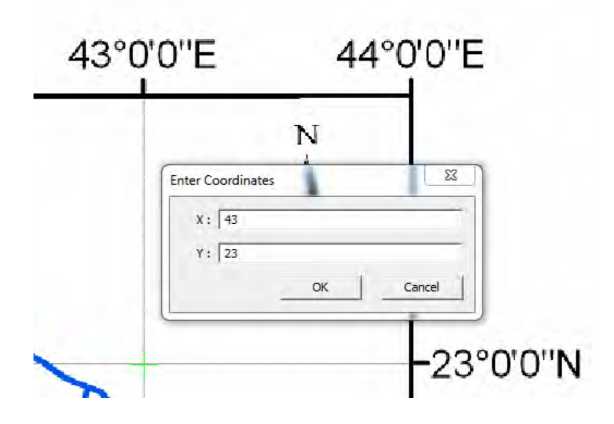
ونحدد موقع النقطة التي سنستخدمها كنقطة إرجاع (تقاطع خط طول ٤٤ شرقا مع دائرة عرض ٢٣ شمالا):



نكرر الآن نفس الخطوات كما تم في نقطة الإرجاع الأولي: باستخدام الماوس الأيسر نحدد موقع نقطة الإرجاع (بكل دقة) ثم نضغط الماوس الأيمن فتفتح نافذة بها أمر Input X and Y لإدخال قيم الاحداثيين الحقيقيين لهذه النقطة:

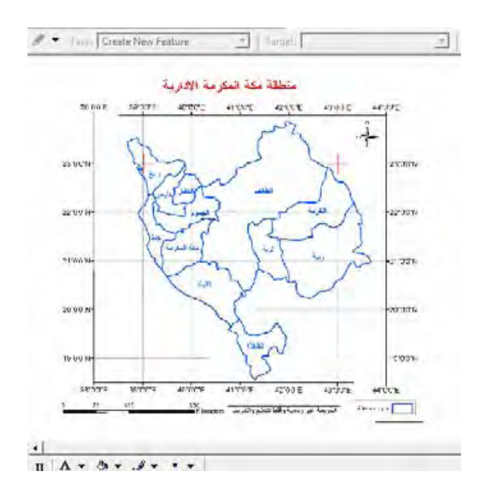


ثم ندخل قيم الإحداثيات الحقيقية (الجغرافية) لهذه النقطة:

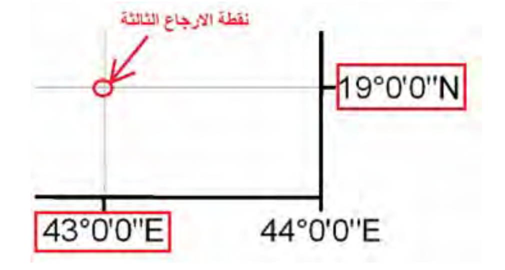


ثم نضغط OK.

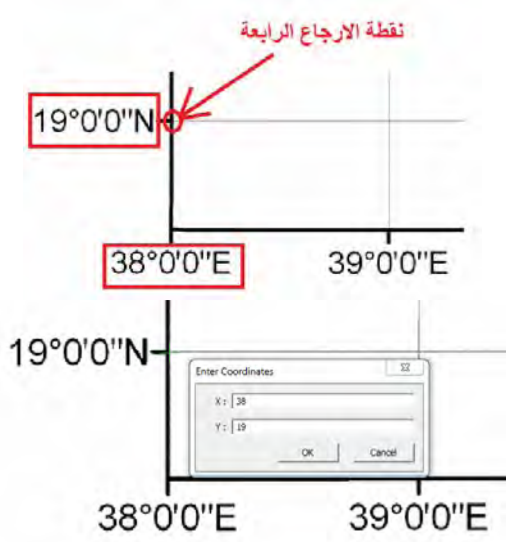
فإذا اختفت الصورة من الشاشة فنضغط أيقونة الامتداد الكلي لعرض كامل الصورة مرة أخري. نلاحظ أن هناك علامتين + باللون الأحمر موضوعين في مواقع نقطتي الإرجاع اللتين قمنا بتحديدهما حتى الآن:



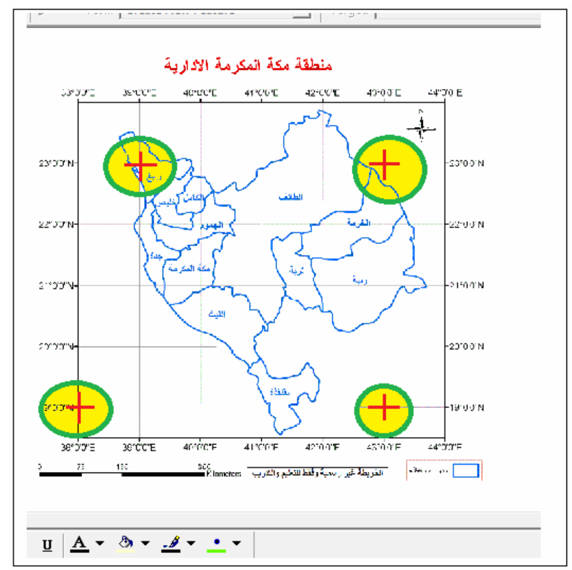
بنفس الطريقة نقوم بعمل نقطة الإرجاع الثالثة (أقصي يمين أسفل الصورة) ونقطة الإرجاع الرابعة (أقصي يسار أسفل الصورة) كما في الخطوات التالية:



يمكن ملاحظة أن الإحداثيات الظاهرة عند ضغط مفتاح F6 لنقطة الإرجاع الثالثة (وأيضا الرابعة) ستكون قريبة من الإحداثيات الحقيقية للنقطة، لأن البرنامج من خلال إحداثيات أول نقطتي إرجاع يكون قد حدد بالتقريب موقع الخريطة الجغرافي. لكن يجب إدخال قيم إحداثيات النقطة الحقيقية وبكل دقة.

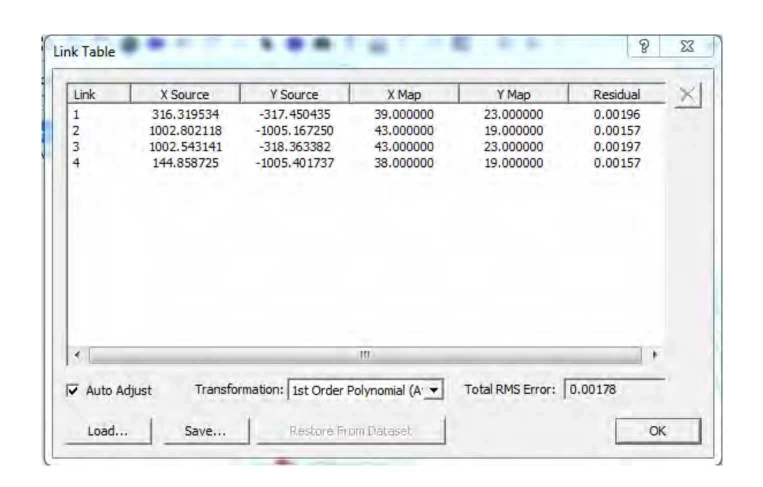


الآن نضغط أيقونة الامتداد الكلي فنجد ٤ علامات + حمراء في مواقع نقاط الإرجاع الجغرافي الأربعة، وهم موزعين علي أركان الصورة كما هو مطلوب حتى تكون عملية الإرجاع الجغرافي جيدة:



٨-٢-٤ حفظ و تقييم دقة الإرجاع الجغرافي لصورة

الآن علينا حفظ save ما قمنا به من خطوات الإرجاع الجغرافي، وسيتم ذلك باستخدام أيقونة View Link Table أو رؤية جدول الارتباط وهي الأيقونة في شريط أدوات الإرجاع الجغرافي. عند الضغط علي هذه الأيقونة تفتح لنا نافذة كالتالي:



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	316.319534	-317.450435	39.000000	23.000000	0.00196
2	1002.802118	-1005.167250	43.000000	19.000000	0.00157
3	1002.543141	-318.363382	43.000000	23.000000	0.00197
4	144.858725	-1005.401737	38.000000	19.000000	0.00157

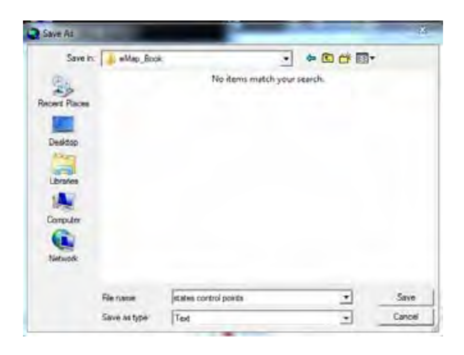
في هذه النافذة (أو جدول الارتباط):

- عدد السطور = عدد نقاط الإرجاع الجغرافي الذي قمنا به (٤ نقاط في المثال الحالي)
- أول عمودين من اليسار وهما X Source, Y Source يحددان الإحداثيات X, Y علي الصورة الأصلية لكل نقطة من نقاط الإرجاع، أي الإحداثيات التي أتت من جهاز الماسح الضوئي scanner ذاته عندما قمنا بعملية المسح الضوئي للخريطة الأصلية.
- ثاني عمودين وهما X Map, Y Map يحددان الإحداثيات الحقيقية (التي قمنا نحن بإدخالها) لكل نقطة من نقاط الإرجاع الجغرافي.
- يسمي هذا الجدول باسم جدول الارتباط Link Table لأنه يربط – عند كل نقطة – قيمة إحداثياتها علي الصورة و إحداثياتها الحقيقية (الجغرافية).
- العمود الأخير في الجدول Residuals يحدد قيمة الخطأ المتوقع عند كل نقطة من نقاط الإرجاع
- أسفل الجدول يوجد قيمة Total RMS Error أي قيمة الخطأ المتبقي الكلي المتوسط وهو مؤشر متوسط لجودة عملية الإرجاع الجغرافي

العنصر الأخير Total RMS Error هو أهم معلومة في جدول الارتباط. في المثال الحالي فأن هذه القيمة = ٠.٠٠١٧٨ فهل هي جيدة أم لا؟ لكن أولا ما هي وحدات هذه القيمة؟ هل هي بالمتر أم بالكيلومتر أم بالدرجات؟. إجابة هذا السؤال ترجع لتحديد الوحدات التي أدخلناها في عملية الإرجاع الجغرافي نفسها؟ فعندما أعطينا برنامج Arc Map الإحداثيات الحقيقية لنقطة الإرجاع الأولي = ٣٩ ، ٢٣ فهل هذه الإحداثيات بالمتر أم بالكيلومتر أم بالدرجات؟ كانت إحداثيات جغرافية (خط الطول ودائرة العرض) في المثال الحالي، أي أنها بالدرجات. إذن قيمة الخطأ سيحسبها البرنامج بنفس الوحدات أي بالدرجات. أي أن الخطأ المتبقي الكلي المتوسط Total RMS Error في المثال الحالي = ٠.٠٠١٧٨ درجة. السؤال الثاني: هل هذه القيمة جيدة أم لا؟ إذا عرفنا أن الدرجة = تقريبا ١٠٨ كيلومتر، فأن قيمة ٠.٠٠١٧٨ درجة = ٠.٠٠١٧٨ × ١٠٨ = ٠.١٩ كيلومتر. يمكننا اعتبارها قيمة جيدة (لاحظ أن الصورة التي

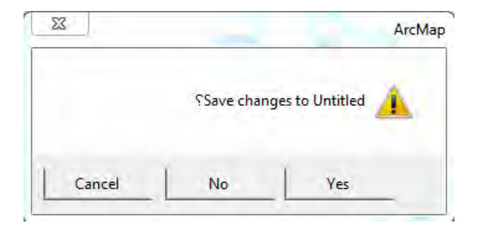
نتعامل معها في المثال الحالي هي لمنطقة جغرافية حوالي ٢٠٠ × ٢٠٠ كيلومتر) مما يجعلنا نقول أن عملية الإرجاع الجغرافي التي قمنا بها تعتبر عملية دقيقة أو جيدة.

في نافذة جدول الارتباط نضغط أيقونة Save لحفظ بيانات الإرجاع الجغرافي، ونحدد اسم و مكان هذا الملف النصي text file (من الأفضل حفظ هذا الملف في نفس المجلد الموجود به الصورة الأصلية لسهولة الوصول إليه فيما بعد):



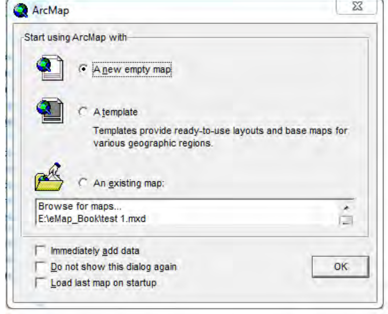
ثم نضغط save.

بذلك نكون انتهينا من إتمام الإرجاع الجغرافي لصورة الخريطة. نقوم الآن <u>بغلق</u> برنامج Arc Map وإذا سألنا البرنامج هل نريد حفظ هذا المشروع أم لا **سنختار NO في الوقت الحالي !!**

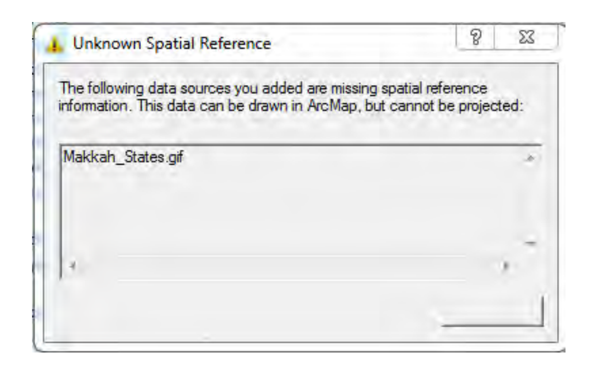


<u>٨-٢-٥ تطوير نسخة مرجعة جغرافيا من الصورة الأصلية</u>

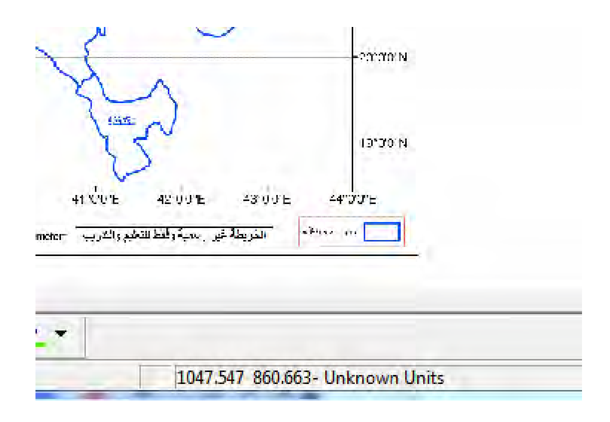
سنقوم الآن بإعادة فتح برنامج Arc Map مرة أخري من جديد، وسنختار أول أمر A new empty map لفتح مشروع جديد:



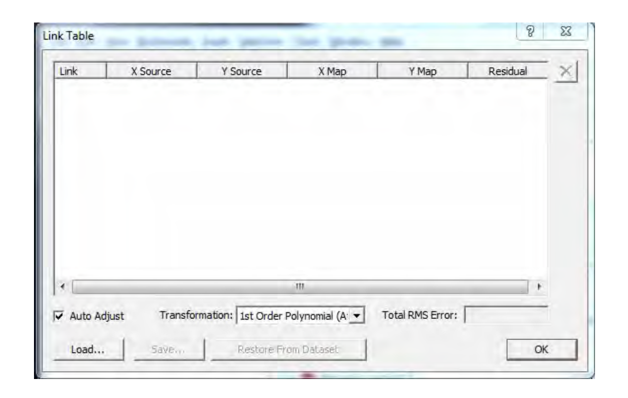
ثم نستخدم أيقونة إضافة البيانات Add data لإضافة صورة الخريطة الأولي كما فعلنا في بداية هذا التمرين، فإذا جاءت شاشة التحذير نضغط OK:



إذا دققنا النظر في شريط الأدوات الأسفل من شاشة البرنامج سنجد أن الإحداثيات مازالت إحداثيات وهمية وليست هي الإحداثيات الجغرافية الحقيقية لصورة الخريطة:



السبب أننا قمنا بإضافة صورة الخريطة (الأصلية) وهي في الأساس لم تكن مرجعة جغرافية. أما بيانات الإرجاع الجغرافي الذي قمنا به فقد حفظناها في ملف آخر. لاستدعاء هذا الملف (بيانات الإرجاع الجغرافي لهذه الصورة) نفتح جدول الارتباط باستخدام أيقونة في شريط أدوات الإرجاع الجغرافي:



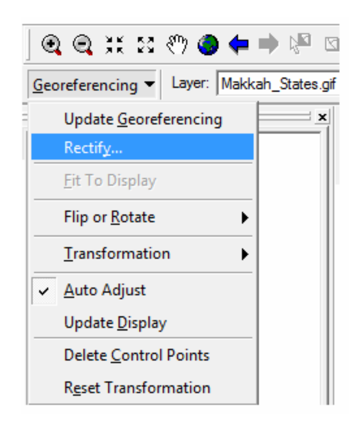
ثم نضغط أيقونة Load الموجودة بأسفل يسار النافذة، ثم نختار الملف النصي الذي قمنا بحفظه سابقا:

ونضغط open، فنجد أن صورة الخريطة قد اختفت من الشاشة الحالية بسبب أن برنامج Arc Map قد حركها إلي موقعها الجغرافي الصحيح بناءا علي قيم الإحداثيات الجغرافية الحقيقية المخزنة في ملف الارتباط، فإذا ضغطنا أيقونة الامتداد الكلي سنجد:

١. علامات أو مواضع نقاط الإرجاع الجغرافي قد ظهرت كأربع علامات + حمراء علي الصورة
٢. الإحداثيات في أسفل شاشة البرنامج قد تغيرت قيمها لتصبح الآن الإحداثيات الجغرافية الحقيقية (خط الطول ودائرة العرض) للصورة

من هنا نستنتج أن في كل مرة سنضيف هذه الصورة إلي مشروع في برنامج Arc Map فأنها ستأتي بإحداثياتها الوهمية غير الحقيقية وأننا مضطرين لإضافة بيانات الإرجاع في خطوة منفصلة حتى نضع الصورة في موقعها الجغرافي الصحيح. أي أنها عملية مكونة من خطوتين في كل مرة.

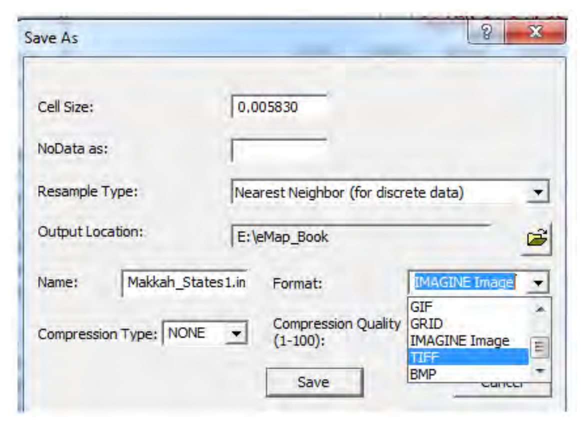
أما إذا أردنا أن نجعل الصورة (صورة الخريطة) مرجعا جغرافيا ويستطيع برنامج Arc Map أن يغرف موقعها الجغرافي الصحيح من أول مرة فأننا سنستخدم أمر **" Rectify تقويم "** الموجود في شريط أدوات الإرجاع الجغرافي تحت كلمة Georeferencing:



نضغط Rectify ثم في النافذة الجديدة:

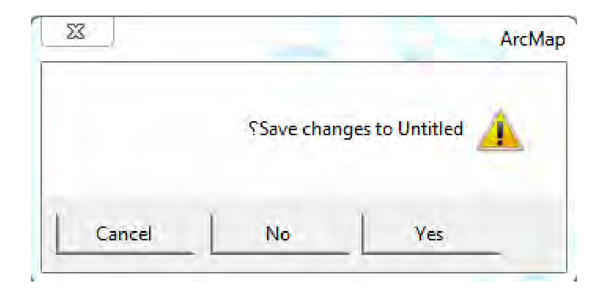
– بجوار Name: نحدد أسم الصورة الجديدة (صورة الخريطة التي ستكون المرجعة جغرافيا)

- بجوار Format: نختار صيغة الصورة الجديدة، مثلا نختار صيغة TIFF
- نضغط Save

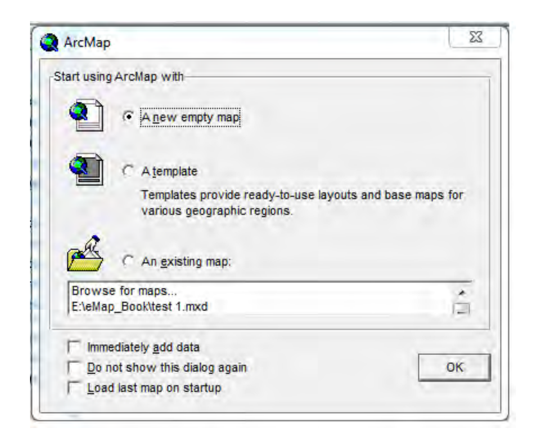


أي أن برنـامج Arc Map قد قـام بإنشاء صـورة جديدة (نسخة طبق الأصل من الصورة الأصلية) لكنـه خـزن داخل نفس الصورة بيانـات الموقـع الجغرافـي الصحيح (الإحداثيات الصحيحة) لهذه الصورة و المنطقة الجغرافية التي تمثلها.

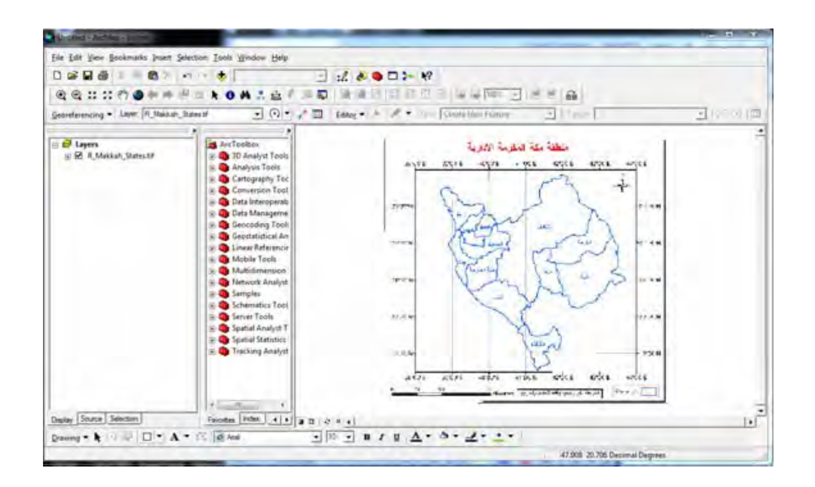
مرة أخري: نقوم يغلق برنامج Arc Map وإذا سألنا البرنـامج هل نريد حفظ هذا المشروع أم لا **سنختار NO في الوقت الحالي !!**



ثم نقوم بإعادة فتح برنـامج Arc Map مرة أخري من جديد، وسنختار أول أمر A new empty map لفتح مشروع جديد:



ثم نستخدم أيقونة إضافة البيانات Add data لإضافة الصورة المرجعة (وليس الصورة الأصلية) للخريطة:



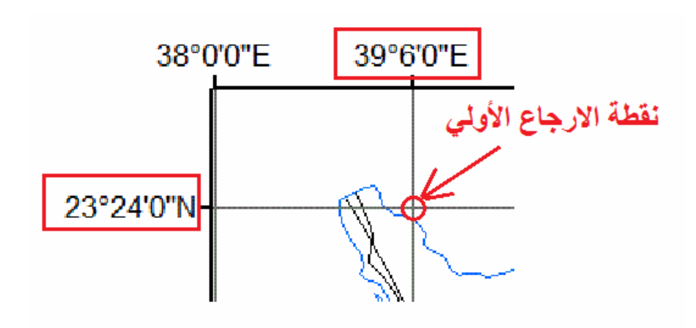
نلاحظ أن:

- الصورة المرجعة لا تختلف علي الإطلاق (من حيث محتواها الجغرافي) عن الصورة الأصلية فهي نسخة طبقة الأصل منها
- لا توجد علامات الإرجاع الأربعة (علامات + الحمراء) علي الصورة المرجعة.
- الإحداثيات في أسفل الشاشة هي إحداثيات جغرافية حقيقية

٨-٢-٦ ملاحظات أخري عن الإرجاع الجغرافي

أولا: التعامل مع الدرجات و الدقائق و الثواني في الإحداثيات الجغرافية:

يمكن للقارئ أن يقوم بإتمام عملية الإرجاع الجغرافي للخريطتين التعليميتين الأخيرتين (شكل ٨-٣ و شكل ٨-٤) بنفس الخطوات التي قمنا بها حتى الآن. لكن بالنظر للخريطة ٨-٣ وعند ركنها الشمالي الغربي – علي سبيل المثال – فأن موقع نقطة الإرجاع الأولي هو تقاطع خط الطول ٠" ٦' ٣٩° شرقا مع دائرة العرض ٠" ٢٤' ٢٣° شمالا. أي أن قيمة خط الطول مكونة من جزأين: ٦ دقائق و ٣٩ درجة، وأيضا قيمة دائرة العرض مكونة من جزأين: ٢٤ دقيقة و ٢٣ درجة. كما رأينا في الخطوات السابقة أن برنامج Arc Map في عملية الإرجاع الجغرافي يقبل رقم واحد فقط للاحداثي X ورقم واحد الاحداثي Y. كيف نحل هذه المشكلة؟

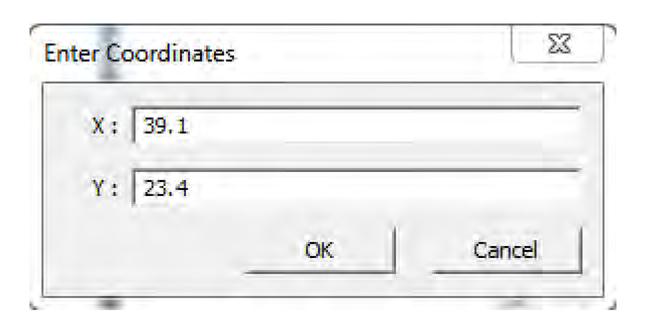


سبق الشرح – في الجزء النظري من الكتاب – أن الدرجة (سواء لخط الطول أو دائرة العرض) تتكون من ٦٠ دقيقة. إذن لتحويل قيمة إحداثي مكون من درجات و دقائق (رقمين)

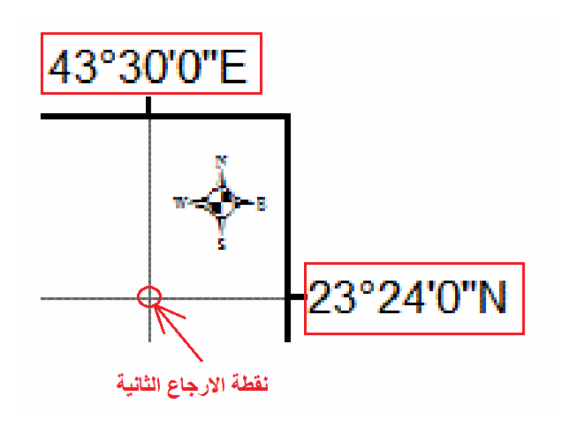
إلي إحداثي مكون من درجات و كسور الدرجات (رقم واحد) فأننا نقسم الدقائق علي ٦٠ ونضيفها للدرجات:

٣٩° ٦' شرقا = (٦ ÷ ٦٠) + ٣٩ = ٣٩.١ درجة
٢٣° ٢٤' شمالا = (٢٤ ÷ ٦٠) + ٢٣ = ٢٣.٤ درجة

إذن عند تحديد نقطة الإرجاع الجغرافي الأولي لهذه الصورة فأن إحداثياتها ستكون:

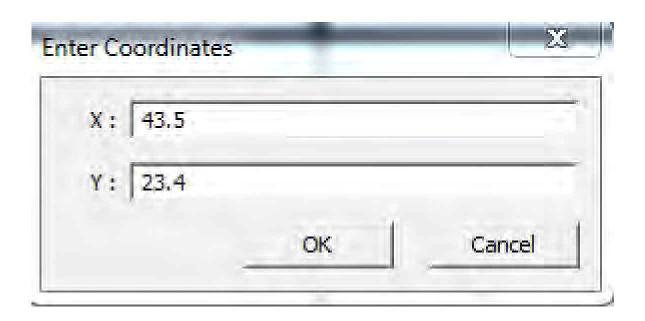


مثال آخر: نقطة الإرجاع الجغرافي الثانية (الركن الشمالي الشرقي للصورة) ستكون:



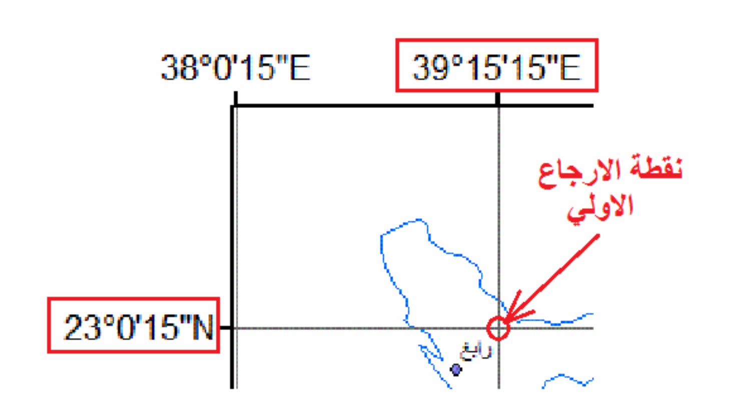
٤٣° ٣٠' شرقا = (٣٠ ÷ ٦٠) + ٤٣ = ٤٣.٥ درجة
٢٣° ٢٤' شمالا = (٢٤ ÷ ٦٠) + ٢٣ = ٢٣.٤ درجة

أي أن عند تحديد نقطة الإرجاع الجغرافي الثانية لهذه الصورة فأن إحداثياتها ستكون:



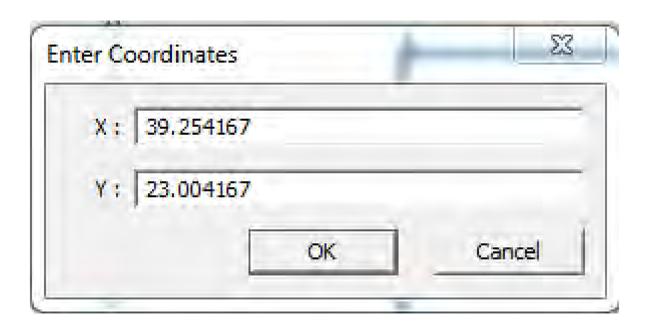
أما الخريطة التعليمية الثالثة (شكل ٨-٤) فأن إحداثياتها تتكون من درجات و دقائق و ثواني. سبق الشرح – في الجزء النظري من الكتاب – أن الدرجة (سواء لخط الطول أو دائرة

العرض) تتكون من ٦٠ دقيقة، والدقيقة الواحدة تتكون من ٦٠ ثانية، أي أن الدرجة الواحدة بها ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية. إذن لتحويل قيمة إحداثي مكون من درجات و دقائق وثواني (٣ أرقام) إلي إحداثي مكون من درجات و كسور الدرجات (رقم واحد) فأننا نقسم الدقائق علي ٦٠ ونضيفها للدرجات ونقسم الثواني علي ٣٦٠٠ و نضيفها للدرجات. إذا أخذنا مثال الركن الشمالي الغربي من هذه الخريطة (الثالثة) فسنجد أن موقع نقطة الإرجاع الأولي هو تقاطع خط الطول ١٥" ١٥' ٣٩° شرقا مع دائرة العرض ١٥" ٠' ٢٣° شمالا.



١٥" ١٥' ٣٩° شرقا = (١٥ ÷ ٣٦٠٠) + (١٥ ÷ ٦٠) + ٣٩ = ٣٩.٢٥٤١٦٧ درجة
١٥" ٠' ٢٣° شمالا = (١٥ ÷ ٣٦٠٠) + (٠ ÷ ٦٠) + ٢٣ = ٢٣.٠٠٤١٦٧ درجة

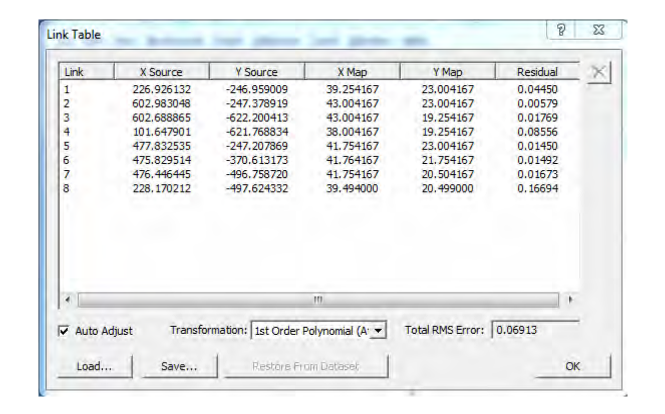
أي أن: عند تحديد نقطة الإرجاع الجغرافي الأولي لهذه الصورة فأن إحداثياتها ستكون:



ثانيا: تحديد النقاط السيئة الدقة في الإرجاع الجغرافي:

من شروط عملية الإرجاع الجغرافي أن العدد الأدنى للنقاط لا يقل عن ٤، لكن من الأفضل أن يزيد عن ٤ نقاط كلما كان ذلك ممكنا. عند التعامل مع الخرائط الممسوحة ضوئيا فأن صورة الخريطة سيكون بها عدد كبير من النقاط معلومة الإحداثيات طبقا لشبكة الإحداثيات الظاهرة علي الخريطة. فمثلا الخريطة التعليمية الثالثة (شكل ٨-٤) بها عدد ٥ خطوط طول و عدد ٤ دوائر عرض، أي يوجد علي هذه الخريطة عدد ٢٠ (٥×٤) نقطة معلومة الإحداثيات يمكن استخدامهم كنقاط إرجاع جغرافي.

نفترض أننا قمنا باستخدام عدد ٨ نقاط (من هذه النقاط العشرين) لإتمام عملية الإرجاع الجغرافي لهذه الصورة، فكانت النتيجة – جدول الارتباط - كالتالي:



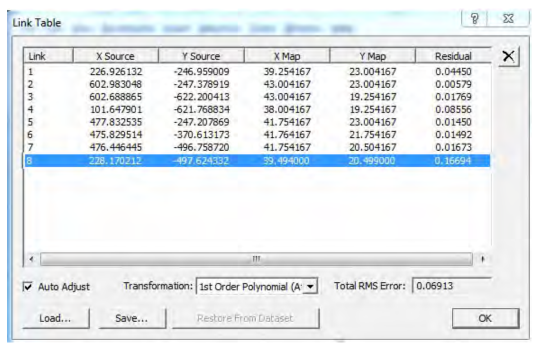
Link Table

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	226.926132	-246.959009	39.254167	23.004167	0.04450
2	602.983048	-247.378919	43.004167	23.004167	0.00579
3	602.688865	-622.200413	43.004167	19.254167	0.01769
4	101.647901	-621.768834	38.004167	19.254167	0.08556
5	477.832535	-247.207869	41.754167	23.004167	0.01450
6	475.829514	-370.613173	41.764167	21.754167	0.01492
7	476.446445	-496.758720	41.754167	20.504167	0.01673
8	228.170212	-497.624332	39.494000	20.499000	0.16694

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A Total RMS Error: 0.06913
Load... Save... Restore From Dataset OK

أي أن الخطأ المتوسط الكلي Total RMS Error = ٠.٠٦٩١٣ درجة ، أي أنه يساوي ٠.٠٦٩١٣ × ١٠٨ (ما يقابل الدرجة بالكيلومتر) = ٧.٥ كيلومتر تقريبا. ربما يري البعض أن قيمة هذا الخطأ كبيرة و تقلل من دقة و جودة عملية الإرجاع الجغرافي لهذه الصورة.

نبدأ في ملاحظة قيم العمود الأخير في جدول الارتباط Residual (الخطأ المتبقي) فنجد أن القيمة تختلف من نقطة لأخرى في الجدول. أي أن هناك نقاط لها دقة عالية (خطأ قليل) ونقاط أخري لها دقة منخفضة (خطأ كبير). بالملاحظة يمكن أن نستنتج أن الدقة رقم ٨ والتي لها خطأ Residual يبلغ ٠.٠١٦٦٩٤ هي أسوأ النقاط (أكبر قيمة خطأ). الآن نظلل هذه النقطة في جدول الارتباط (بالضغط عليها بالماوس) ثم نضغط أيقونة الحذف ☒ الموجودة في أعلي يمين جدول الارتباط:



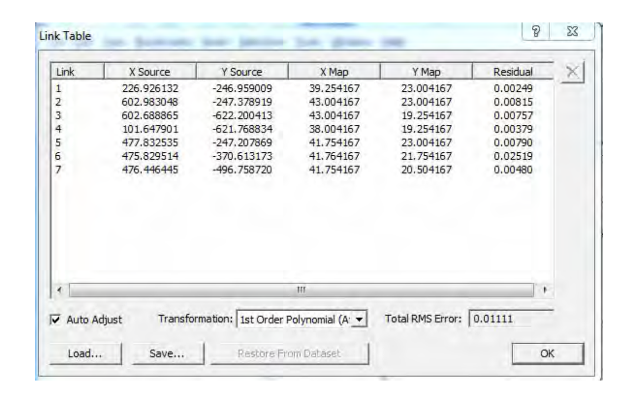
Link Table

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	226.926132	-246.959009	39.254167	23.004167	0.04450
2	602.983048	-247.378919	43.004167	23.004167	0.00579
3	602.688865	-622.200413	43.004167	19.254167	0.01769
4	101.647901	-621.768834	38.004167	19.254167	0.08556
5	477.832535	-247.207869	41.754167	23.004167	0.01450
6	475.829514	-370.613173	41.764167	21.754167	0.01492
7	476.446445	-496.758720	41.754167	20.504167	0.01673
8	228.170212	-497.624332	39.494000	20.499000	0.16694

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A Total RMS Error: 0.06913
Load... Save... Restore From Dataset OK

<u>فنجد جدول الارتباط قد تغير:</u>

- قل عدد النقاط ليصبح ٧ نقاط
- انخفضت قيمة الخطأ المتوسط الكلي لتصبح ٠.٠١١١١ درجة (أي ١.٢ كيلومتر)



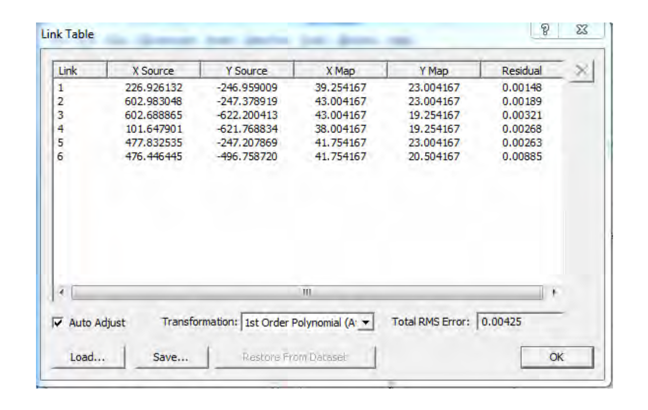
Link Table

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	226.926132	-246.959009	39.254167	23.004167	0.00249
2	602.983048	-247.378919	43.004167	23.004167	0.00815
3	602.688865	-622.200413	43.004167	19.254167	0.00757
4	101.647901	-621.768834	38.004167	19.254167	0.00379
5	477.832535	-247.207869	41.754167	23.004167	0.00790
6	475.829514	-370.613173	41.764167	21.754167	0.02519
7	476.446445	-496.758720	41.754167	20.504167	0.00480

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A Total RMS Error: 0.01111
Load... Save... Restore From Dataset OK

الآن نري أن النقطة رقم ٦ في جدول الارتباط (الجديد) لها أكبر قيمة خطأ متبقي، وبنفس الطريقة نقوم بحذفها لتصبح النتيجة:

- قل عدد النقاط ليصبح ٦ نقاط
- انخفضت قيمة الخطأ المتوسط الكلي لتصبح ٠.٠٠٤٢٥ درجة (أي ٠.٥ كيلومتر)



Link Table

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	226.926132	-246.959009	39.254167	23.004167	0.00148
2	602.983048	-247.378919	43.004167	23.004167	0.00189
3	602.688865	-622.200413	43.004167	19.254167	0.00321
4	101.647901	-621.768834	38.004167	19.254167	0.00268
5	477.832535	-247.207869	41.754167	23.004167	0.00263
6	476.446445	-496.758720	41.754167	20.504167	0.00885

Auto Adjust　Transformation: 1st Order Polynomial (A:　Total RMS Error: 0.00425

Load...　Save...　Restore From Dataset　OK

وبذلك نخلص إلي أن كلما زاد عدد نقاط الإرجاع الجغرافي كلما كانت لدينا الفرصة لتحسين دقة الإرجاع للصورة (لأن لدينا نقاط أكثر من ٤ ويمكننا حذف النقاط قليلة الدقة منهم). هذا مبدأ مهم جدا خاصة للخرائط الممسوحة ضوئيا والتي تحتوي علي عدد كبير من النقاط معلومة الإحداثيات الحقيقية، وبالتالي فأن استخدام أكبر عدد ممكن من هذه النقاط في إتمام عملية الإرجاع الجغرافي سيزيد من دقة و جودة الإرجاع الجغرافي لصورة الخريطة، وهذا لن يكلفنا إلا بعض الجهد و الوقت فقط (مجرد عدة دقائق أخري لا غير). سنري في الأجزاء القادمة أن جودة و دقة الإرجاع الجغرافي ستؤثر بشدة في جودة و دقة الخرائط الرقمية التي سنقوم بتطويرها.

الملاحظة الأخيرة في عملية الإرجاع الجغرافي أن المرئيات الفضائية (بعكس الخرائط الممسوحة ضوئيا) لا يكون عليها شبكة إحداثيات. في هذه الحالة نقوم باستخدام أجهزة الجي بي أس لقياس الإحداثيات الجغرافية الحقيقية (في الطبيعة) لبعض المعالم في المرئية، ثم نستخدم هذه الإحداثيات في إتمام عملية الإرجاع الجغرافي للمرئية.

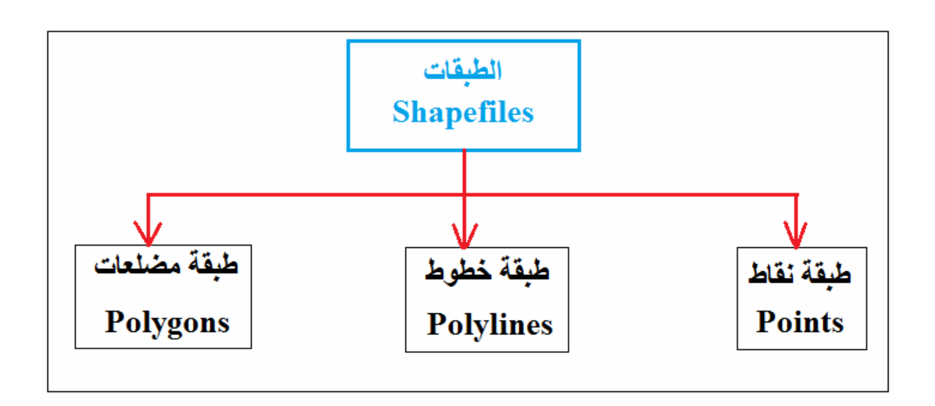
<u>إذن في نهاية هذا التمرين الأول فأننا قد تعلمنا و تدربنا علي:</u>

١- استدعاء (إضافة) صورة خريطة ممسوحة ضوئيا إلي البرنامج
٢- عمل الإرجاع الجغرافي لهذه الصورة لتحديد موقعها الجغرافي الحقيقي
٣- تقييم عملية الإرجاع الجغرافي و تحديد مدي جودتها (دقتها)
٤- حفظ بيانات الإرجاع الجغرافي في ملف نصي
٥- تقويم الصورة الأصلية و إنتاج نسخة جديدة منها تكون مرجعة جغرافيا

٨-٣ إنشاء الطبقات

٨-٣-١ برنامج Arc Catalogue

يتعامل برنامج Arc GIS مع عدد من أنواع الملفات لتخزين البيانات المكانية وغير المكانية، إلا أن ملفات الطبقات shapefile تعد أبسط و أسهل أنواع هذه الملفات، وبالتالي هي الأنسب للمستخدمين المبتدئين. الطبقة shapefile هي ملف يحتوي معلومات نوع محدد من الظواهر الجغرافية أو المكانية. في الجزء النظري – من هذا الكتاب – أشرنا إلي أن المعالم الجغرافية تمثل علي الخرائط المطبوعة بأحدي ثلاثة صور هي: النقاط و الخطوط و المضلعات. بذلك فأن الطبقات لا بد أن تكون أيضا بنفس هذه الخصائص، أي أن الطبقة إما أن تكون طبقة نقاط أو طبقة خطوط أو طبقة مضلعات. ولا يمكن لطبقة أن تحتوي معالم من غير نوع الطبقة ذاتها، بمعني أننا لا نستطيع رسم خطوط داخل طبقة نقاط و لا يمكننا رسم مضلعات داخل طبقة خطوط .. و هكذا.



شكل (٨-٥) أنواع الطبقات Shapefiles

من الممكن أن تحتوي طبقة نوعين من المعالم الجغرافية (لهما نفس نوع أو طريقة التمثيل)، فعلي سبيل المثال يمكن لطبقة نقاط أن تحتوي داخلها نقاط تعبر عن المدارس و نقاط أخري تعبر عن المستشفيات في نفس المنطقة الجغرافية. إلا أن هذا الوضع غير مستحب للمستخدم المبتدئ ومن الأفضل أن يقوم المستخدم بعمل طبقة نقاط للمدارس و طبقة نقاط أخري للمستشفيات، وذلك حتى يسهل لهذا المستخدم المبتدئ التعامل مع كل نوع علي حدي.

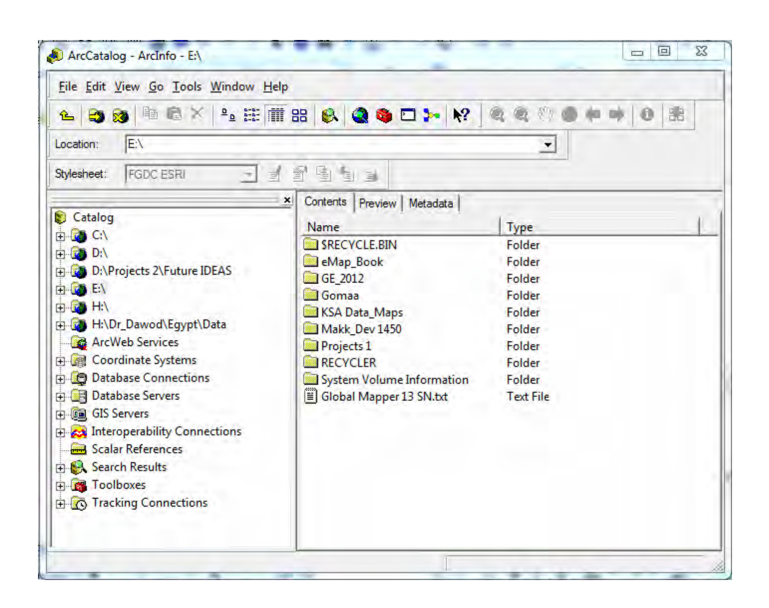
إذن علينا في هذا التمرين الثاني أن نحدد – قبل التنفيذ الفعلي – أنواع الطبقات التي سنحتاج إنشاؤها. بالنظر للخريطة التعليمية الأولي – شكل ٨-٢ - نجد أنها تمثل محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية، وكل محافظة علي الخريطة مكونة من مضلع (ليس خط و لا نقطة). إذن لتحويل هذه الخريطة المطبوعة إلي خريطة رقمية فسنحتاج طبقة من نوع المضلعات Polygon Shapefile. بينما الخريطة الثانية (شكل ٨-٣) تمثل طرق منطقة مكة المكرمة وكل طريق عبارة عن خط (ليس نقطة ولا مضلع). إذن لتحويل هذه الخريطة المطبوعة إلي خريطة رقمية فسنحتاج طبقة من نوع الخطوط Polyline Shapefile. أما الخريطة الثالثة (شكل ٨-٤) تمثل مدن منطقة مكة المكرمة وكل مدينة عبارة عن نقطة (ليست خط ولا مضلع). إذن لتحويل هذه الخريطة المطبوعة إلي خريطة رقمية فسنحتاج طبقة من نوع النقاط Point Shapefile.

برنـامج Arc Catalogue هو البرنـامج داخل Arc GIS المسئول عن إدارة الملفـات من إنشاء ملفات جديدة أو نسخ و حذف و تعديل خصائص ملفات موجودة بالفعل. لذلك في هذا التمرين سنبدأ في تشغيل Arc Catalogue. يمكن تشغيل برنامج Arc Catalogue بطريقتين: (١) من قائمة البرامج في الويندوز، (٢) من داخل برنامج Arc Map نفسه.

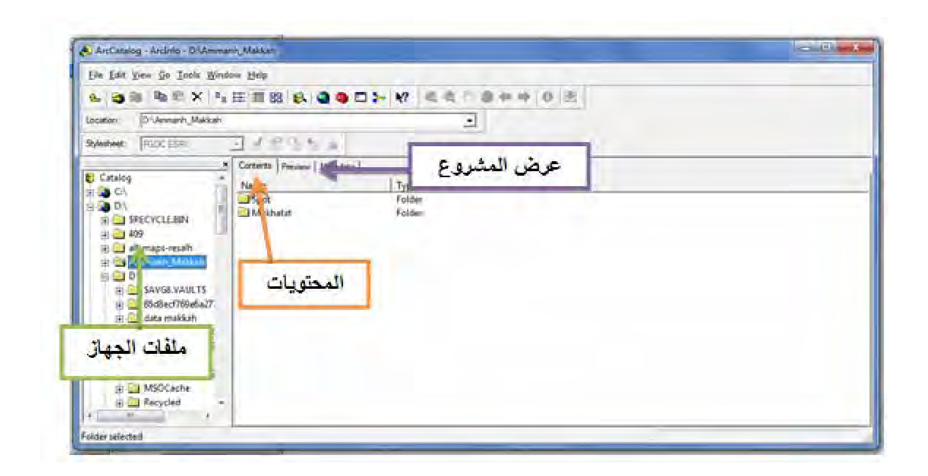


شكل (٨-٦) طرق تشغيل برنامج Arc Catalogue

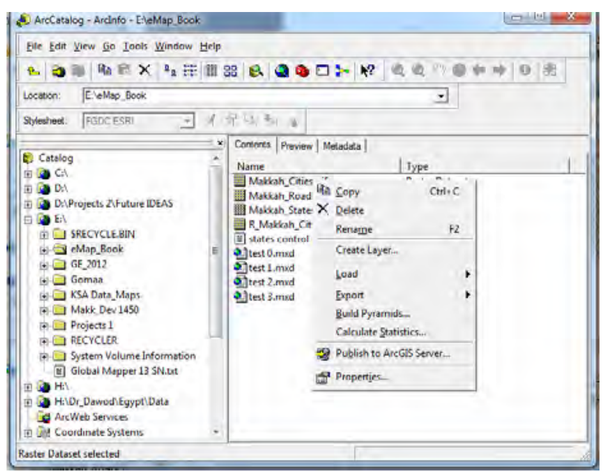
مثل برنامج Arc Map، فأن شاشة برنامج Arc Catalogue تتكون من عدد من شرائط الأدوات وتنقسم – رأسيا – إلي جزأين: الأيسر وهو قائمة المحتويات، والأيمن لعرض تفاصيل الملفات. فإذا أشرنا بالماوس إلي أي مجلد في قائمة المحتويات، فستظهر تفاصيل ما به من ملفات و مجلدات فرعية في الجزء الأيمن من الشاشة.



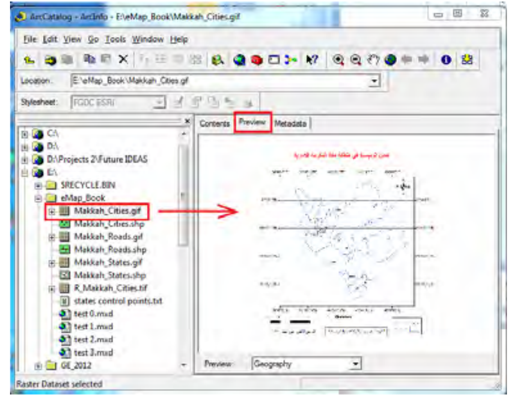
من الأفضل أن يجمع المستخدم جميع ملفات مشروع معين في مجلد واحد، نستخدم الجزء الأيمن للوصول إلي المجلد الموجود به صور الخرائط التعليمية الثلاثة.



إذا ضغطنا الماوس الأيمن علي أسم أي صورة من الصور الموجودة داخل هذا المجلد نجد أمامنا قائمة من الخيارات: حذف Delete أو نسخ Copy أو إعادة تسمية Rename .. وهكذا. فكما سبق الذكر فأن برنامج Arc Catalogue هو المسئول عن إدارة الملفات.

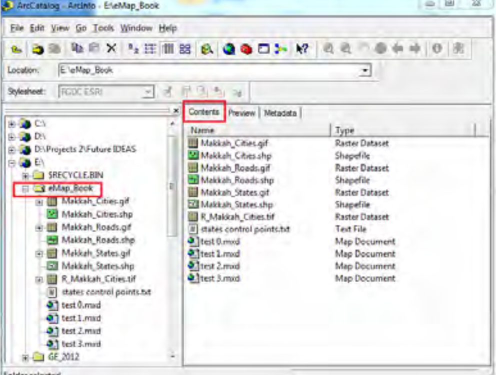


أيقونة Preview (بأعلى الجزء الأيمن من الشاشة) تمكننا من عرض محتويات أي صورة أو طبقة. إذا وقفنا بالماوس علي أي صورة داخل المجلد ثم ضغطنا أيقونة Preview فيتم عرض الصورة داخل الجزء الأيمن من الشاشة:



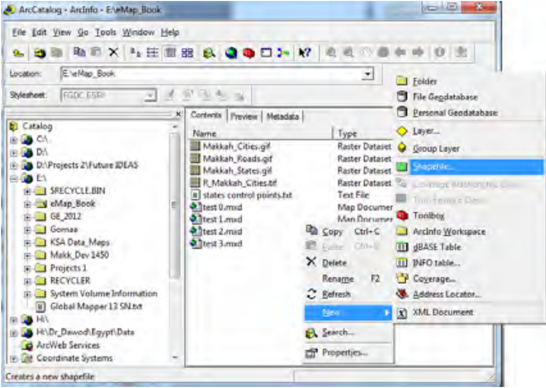
سنظل الآن في وضع العرض، أي إذا أشرنا بالماوس علي أي صورة (أو طبقة) في الجزء الأيسر من الشاشة – قائمة المحتويات – فسيتم مباشرة عرض الصورة في الجزء الأيمن.

للخروج من وضع المعاينة والعودة مرة أخري لوضع المحتويات: نضغط بالماوس علي أسم المجلد (في الجزء الأيمن) ثم نضغط أيقونة Contents (المحتويات) في الجزء الأيسر:

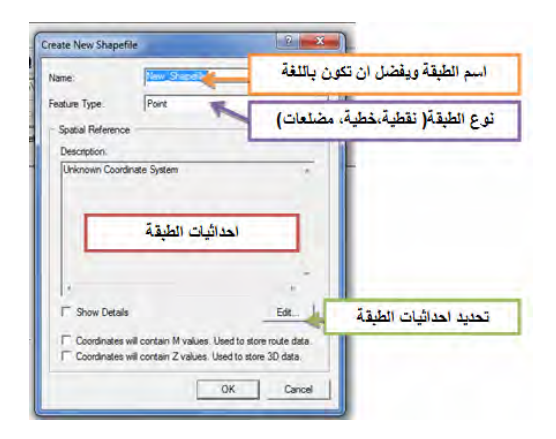


٨-٣-٢ إنشاء طبقة جديدة

إذا ضغطنا الماوس الأيمن علي أي جزء (بعيدا عن الصور و الملفات) في الجزء الأيمن فأن النافذة الجديدة ستحتوي أمر New أي إنشاء ملف جديد، وبداخله نافذة فرعية جديدة لتحديد نوع الملف الجديد المطلوب إنشاؤه:



من النافذة الفرعية نختار أمر Shapefile لإنشاء طبقة جديدة (داخل هذا المجلد المعروض أسمه في الجزء الأيمن من الشاشة). توجد ٣ بيانات مطلوب تحديدهم لهذه الطبقة: اسم الطبقة Name ونوع الطبقة Feature Type و نظام إحداثيات الطبقة Coordinate System:

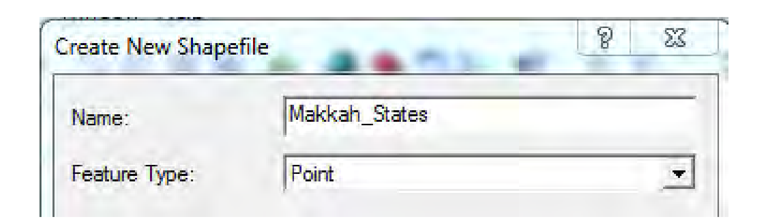


٨-٣-٢-١ اسم الطبقة

لاختيار أسم للطبقة الجديدة:

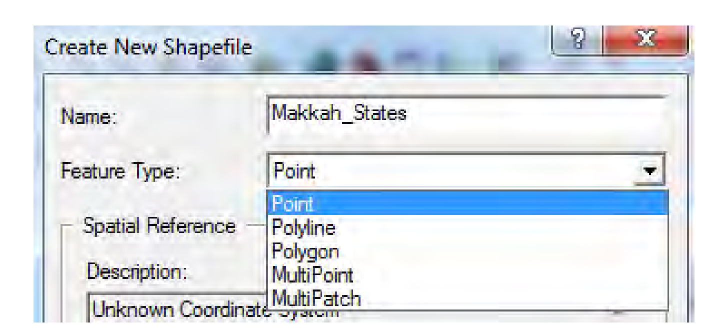
- لا يفضل استخدام الأحرف العربية.
- لا يزيد الاسم عن ١٣ خانة
- لا يشمل الاسم أي حروف خاصة (مثل النقطة و الشرطة و النجمة والمسافة ..... الخ)، فمثلا أسم Makkah-city يعد أسما خاطئا للطبقة، وكذلك اسم Makkah.city واسم Makkah+city أو أسم Makkah city
- من الحروف الخاصة يمكن فقط استخدام علامة underscore (علامة الشرطة في أسفل السطر وهي مفتاح – مع الضغط علي مفتاح shift من لوحة مفاتيح الكمبيوتر) في حالة أن اسم الطبقة يتكون من مقطعين، مثلا: Makkah_city

في المثال الحالي سننشأ طبقة (مناظرة للخريطة التعليمية الأولي) وسنختار أسمها = Makkah_States (يمكن للقارئ اختيار أي اسم يريده للطبقة) وسنقوم بكتابة هذا الاسم أمام كلمة Name في نافذة إنشاء الطبقة:

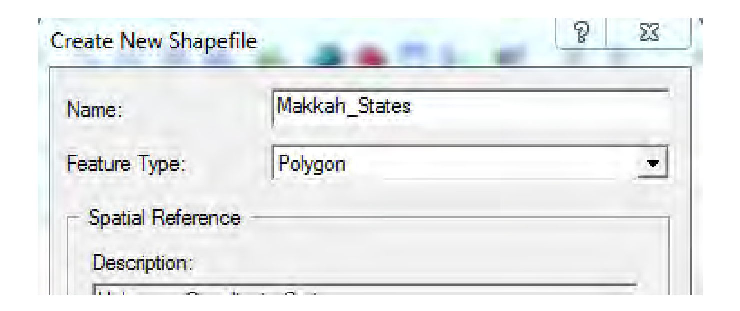


٨-٣-٢-٢ نوع الطبقة

توجد ٥ أنواع للطبقات في برنامج Arc GIS لكننا – في هذا الكتاب للمبتدئين – سنتعامل فقط مع أول ٣ أنواع عند فتح السهم الصغير الموجود أمام كلمة Feature Type:

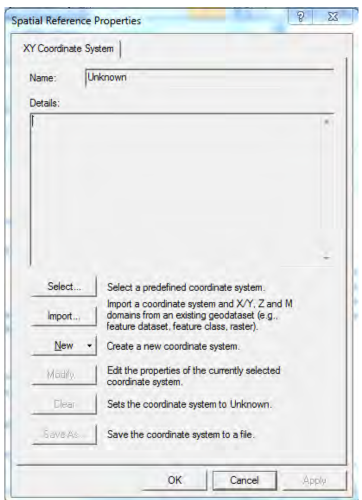


في التمرين الحالي (الخريطة التعليمية الأولي) ستكون الطبقة المطلوبة من نوع المضلعات Polygons لأننا – لاحقا – سنرسم داخل هذه الطبقة محافظات مكة المكرمة وستكون كل محافظة ممثلة كمضلع:



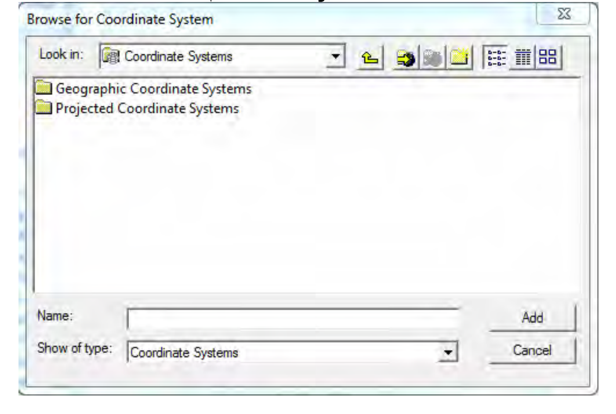
٨-٣-٢-٣ نظام إحداثيات الطبقة

الجزء الثالث من الخصائص المطلوب تحديدها للطبقة المراد إنشاؤها هو تحديد نظام إحداثيات لهذه الطبقة الجديدة. نبدأ هذه الخطوة بالضغط علي أيقونة Edit الموجودة بأسفل النافذة فنفتح نافذة جديدة:



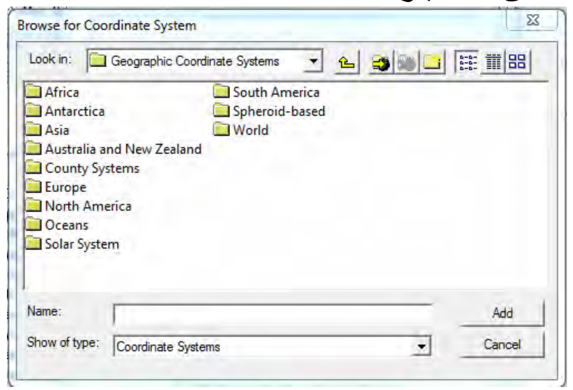
نختار أمر Select فنجد أمامنا خيارين أو نوعين أساسين من أنواع نظم الإحداثيات (أرجع للجزء النظري من الكتاب):

- Geographic Coordinates Systems نظم الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض)
- Projected Coordinate Systems نظم الإحداثيات المسقطة أو المترية

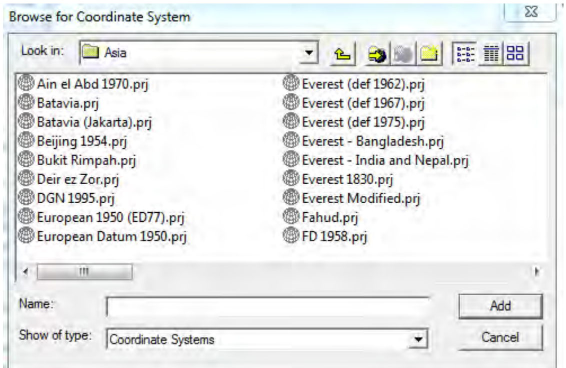


سيعتمد الاختيار هنا علي نوع نظام إحداثيات صورة الخريطة الممسوحة ضوئيا (الخريطة الأصلية) التي نريد تحويلها إلي خريطة رقمية. يجب أن يكون نظام إحداثيات الطبقة الجديدة هو

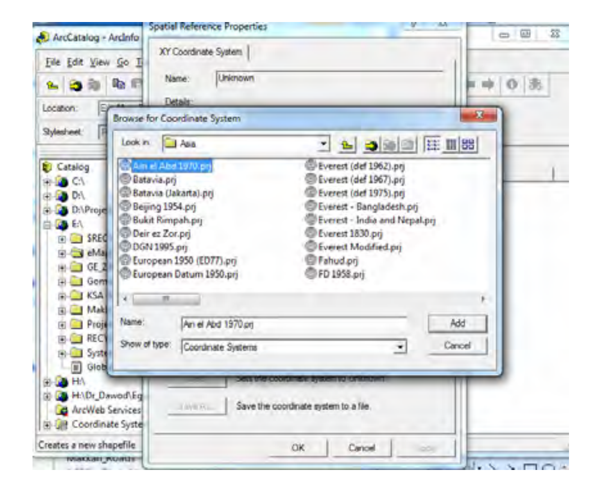
نفس نظام إحداثيات صورة الخريطة الممسوحة ضوئيا. كما قلنا أن من أساسيات الخرائط المطبوعة وجود نوع الإحداثيات والمسقط الجيوديسي للخريطة مكتوبا في أسفلها. فإذا رجعنا للخريطة التعليمية الأولي (شكل ٨-٢) سنجد مكتوبا في أسفلها أن المرجع الجيوديسي الأفقي لها هو عين العبد ١٩٧٠. أي أن هذه الخريطة لها إحداثيات جغرافية (خط طول و دائرة عرض) باستخدام المرجع الجيوديسي السعودي المسمي عين العبد ١٩٧٠. من هنا فأن نظام إحداثيات الطبقة shapefile المطلوب إنشاؤها في هذا التمرين سيكون: (١) إحداثيات جغرافية، (٢) مرجع عين العبد ١٩٧٠. الآن سنختار أول أمر Geographic Coordinate Systems من النافذة، فنجد مجموعة من الاختيارات:



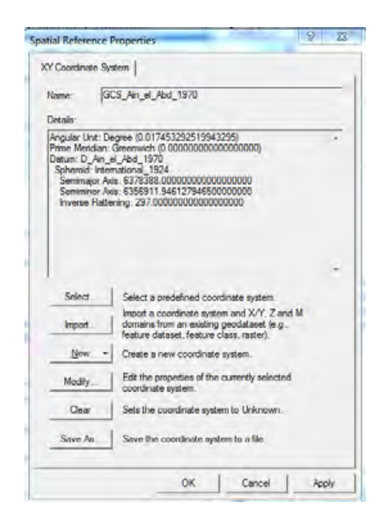
كل مجلد في النافذة الحالية يضم داخله مجموعة من المراجع الجيوديسية المستخدمة في جميع دول العالم وهي مرتبة علي أساس القارات. طالما أن المملكة العربية السعودية تقع في قارة آسيا فسندخل في مجاد Asia:



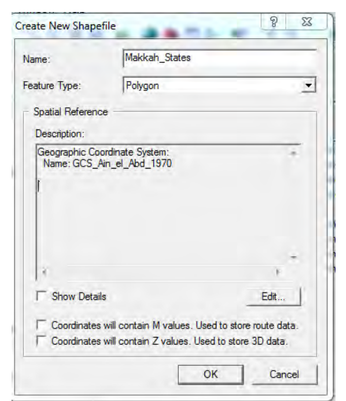
في النافذة الجديدة نجد أسماء جميع المراجع الجيوديسية لكل دول قارة آسيا مرتبة ترتيبا أبجديا ومن حسن الحظ أن مرجع Ain el Abd 1970 هو أولها في الترتيب، فنقوم باختيار بالماوس ثم نضغط Add:



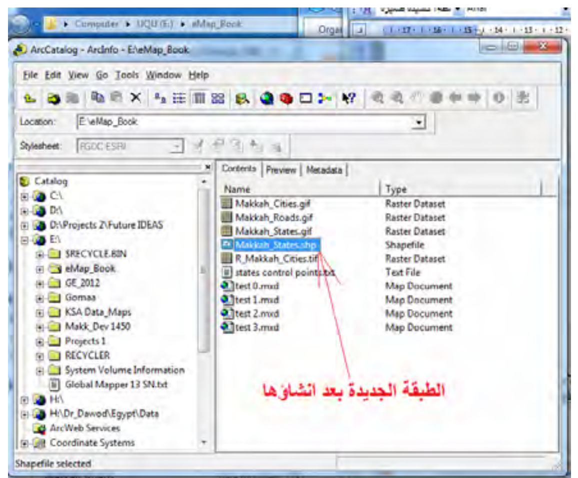
مباشرة سنعود للشاشة السابقة وسنجد أن بيانات مرجع عين العبد ١٩٧٠ قد ظهرت في النافذة فنقوم بالضغط علي أيقونة OK:



نجد أننا عدنا للشاشة الرئيسية لإنشاء الطبقة وقد تم الآن ظهور مرجع عين العبد ١٩٧٠ كنظام إحداثيات الطبقة الجديدة:

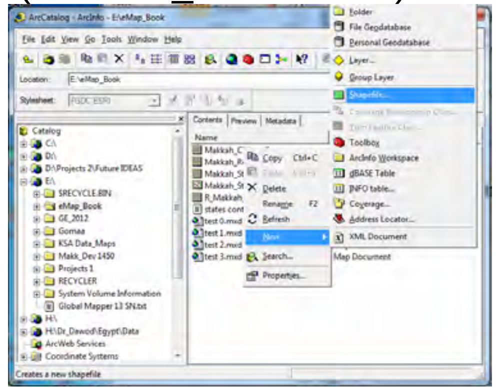


الآن وبعد أن انتهينا من الأجزاء الثلاثة لتحديد خصائص الطبقة الجديدة (الاسم و النوع و نظام الإحداثيات) نضغط OK لإتمام عملية إنشاء الطبقة الجديدة. سنجد هذه الطبقة قد تم إضافتها لمكونات المجلد الحالي:

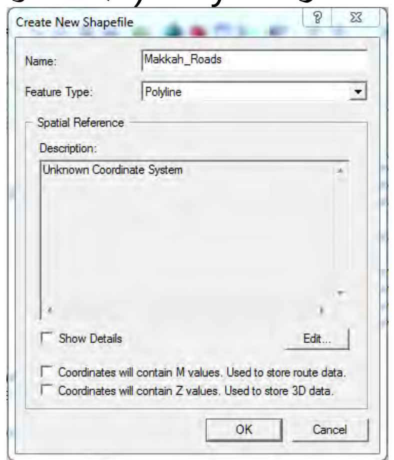


لاستكمال خطوات التمرين الثاني سنقوم بإنشاء طبقتين حديديتين (بنفس الخطوات) الأولي ستكون طبقة من نوع الخطوط Polyline Shapefile للخريطة التعليمية الثانية (طرق مكة المكرمة في الشكل ٨-٣) والثانية ستكون من نوع النقاط Shapefile Points للخريطة التعليمية الثالثة (مدن مكة المكرمة في الشكل ٨-٤). كلتا الطبقتين سيكون لهما نفس المرجع الجيوديسي: عين العبد ١٩٧٠.

مثلا: خطوات إنشاء الطبقة الثانية (لنسميها Makkah_Roads) ستكون كالآتي:



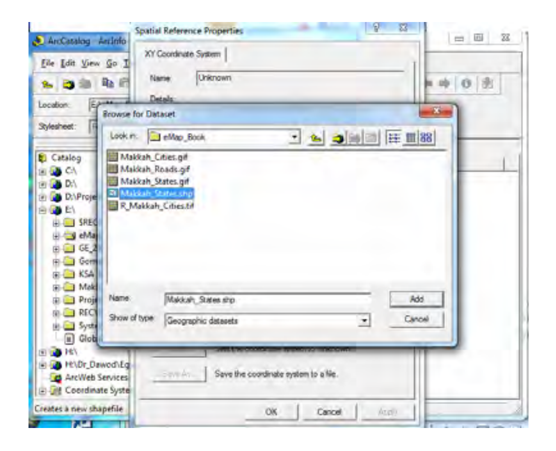
اسم الطبقة Name سنكتب: Makkah_Roads
نوع الطبقة Feature Type سنختار Polyline (طبقة خطوط)



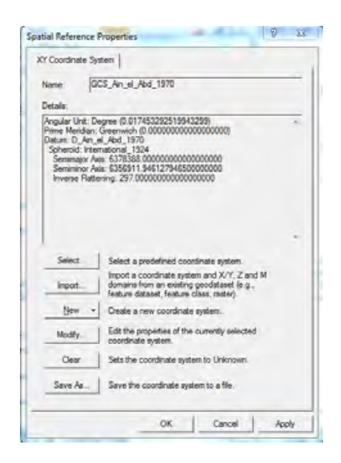
سنضغط أيقونة Edit لاختيار نظام الإحداثيات المطلوب للطبقة:



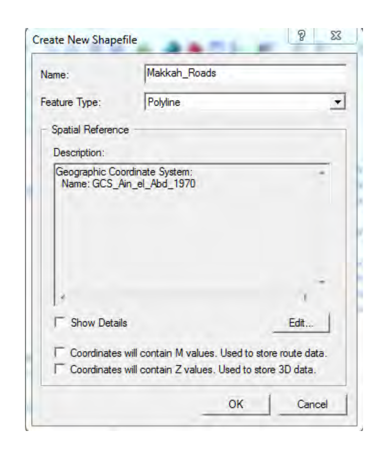
حيث أننا الآن لدينا طبقة موجودة بالفعل لها نفس نظـام الإحداثيات المطلـوب (الطبقـة التـي قمنـا بانشاؤها لمضلعات أو محافظات مكة المكرمـة) فبدلا من الضغط علـي أيقونـة Select وإتبـاع كل الخطـوات السابقة حتـى الوصـول إلـي مرجـع عين العبد ١٩٧٠، فأننـا الآن ستـضغط أيقونـة Import أو استدعاء:



أمامنا الآن جميع الملفات الموجودة داخل مجلد العمل (المجلد الذي وضـعنا بـه الـصور الثلاثـة و الطبقة الأولـي) فنختار ملف الطبقة Makkah_States (طبقة المحافظات) ثم نضغط Add:

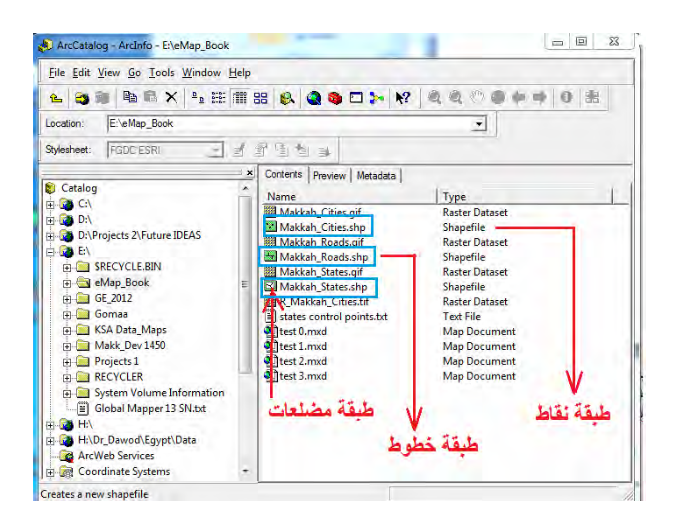


فنجد أن نظام الإحداثيات للطبقة الجديدة هو عين العبد ١٩٧٠ (نفس نظام إحداثيات الطبقة القديمة الموجودة فعلا) فهذه فائدة أمر Import في أنه يستدعي نظام إحداثيات طبقة موجودة ليجعله هو نظام إحداثيات الطبقة المطلوب إنشاؤها. نضغط OK



الآن نضغط OK لإتمام عملية إنشاء الطبقة الثانية.

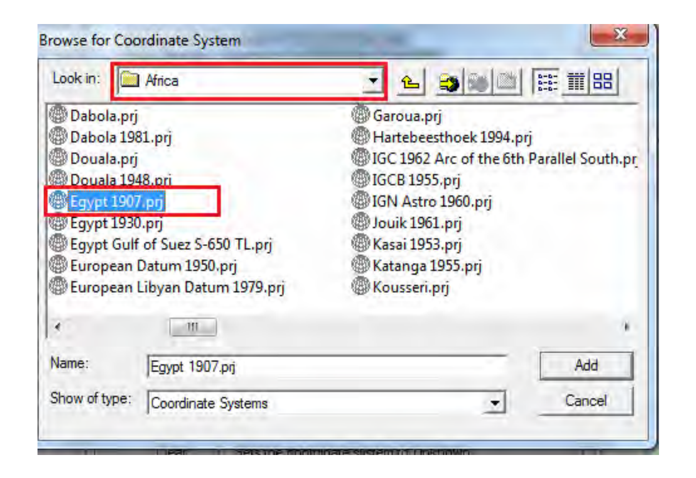
ثم نعيد نفس هذه الخطوات لإنشاء الطبقة الثالثة Makkah_Cities والتي ستكون طبقة نقاط Points Shapefile لمدن منطقة مكة المكرمة.



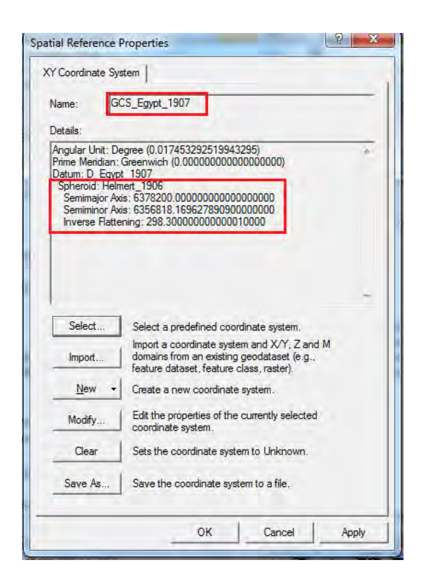
يمكن ملاحظة وجود أيقونة صغيرة بجوار أسم الطبقة في الجزء الأيمن من الشاشة، وهذه الأيقونة تدل علي نوع هذه الطبقة. تأخذ الأيقونة شكل لطبقات المضلعات، وشكل لطبقات الخطوط، و شكل لطبقات النقاط. بالتالي فيمكن بسهولة معرفة نوع الطبقة بمجرد التدقيق في شكل الأيقونة.

ملاحظات أخرى:

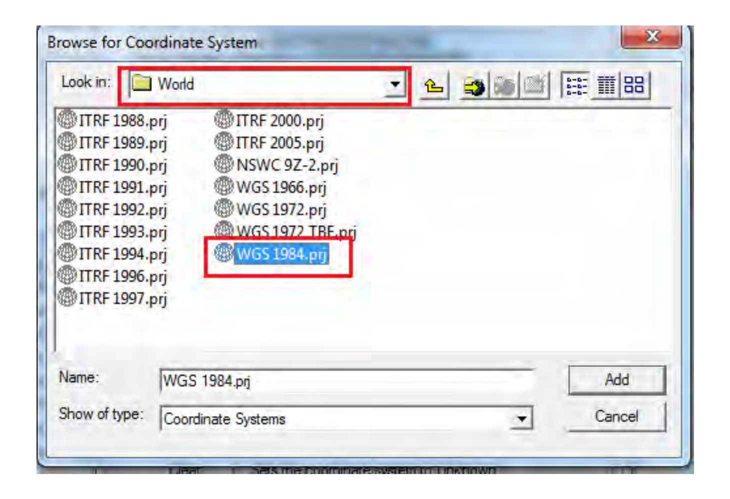
(١) في حالة الخرائط المصرية بنظام الإحداثيات الجغرافية فأن المرجع الجيوديسي المصري هلمرت ١٩٠٦ موجود داخل مجلد قارة أفريقيا لكن أسمه هو Egypt 1907 :



وعند الضغط علي Add نجد تفاصيل الفنية ظهرت (باسم هلمرت ١٩٠٦):

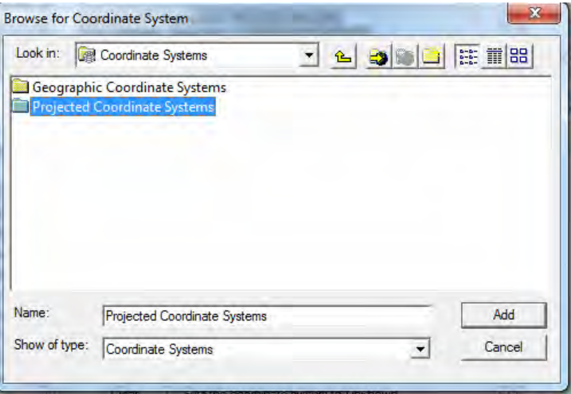


(٢) في حالة العمل مع أرصاد أو قياسات تمت بالجي بي أس فأن المرجع الجيوديسي (الإحداثيات الجغرافية) سيكون هو المرجع العالمي المعروف باسم WGS1984 وهو الموجود في مجلد World:

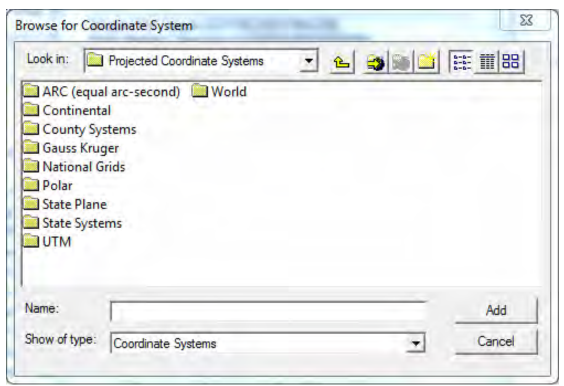


(٣) مع أننا في التمارين الحالية سنتعامل فقط مع الإحداثيات الجغرافية إلا أننا سنعرض – مجرد عرض دون تفاصيل - أيضا حالة الإحداثيات المسقطة أو الإحداثيات المترية:

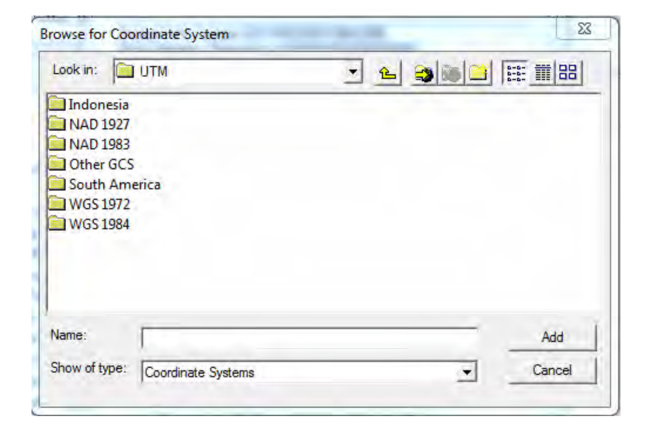
ندخل النوع الثاني من نظم الإحداثيات Projected Coordinate Systems:



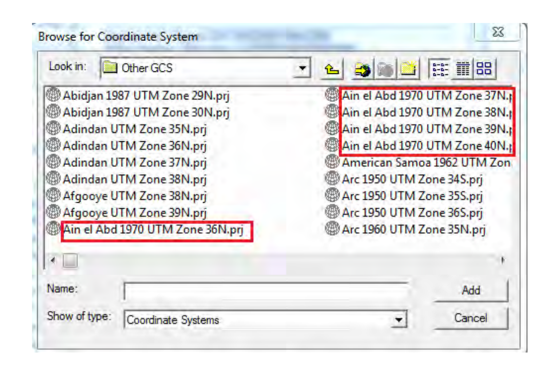
فنجد مجموعة كبيرة – أيضا – من نظم الإحداثيات المترية المستخدمة في كل دول العالم بأنواعها المختلفة:



(٤) في المملكة العربية السعودية فأن نظام الإحداثيات المترية – المعتمد – هو نظام UTM لكن باستخدام المرجع المحلي عين العبد ١٩٠٧. ندخل مجلد UTM:

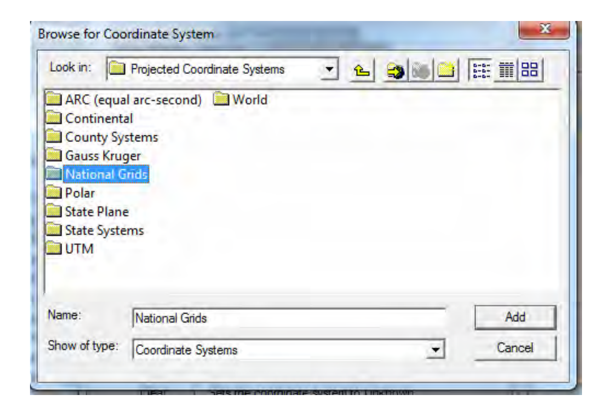


ثم ندخل مجلد Other GCS لعرض نظم الإحداثيات المحلية لدول العالم، فنجد نظام Ain el Abd 1970 UTM لكنه مقسم إلي ٥ نظم فرعية حيث توجد ٥ شرائح من شرائح UTM في المملكة العربية السعودية (الشرائح أرقام ٣٦، ٣٧، ٣٨، ٣٩، ٤٠):

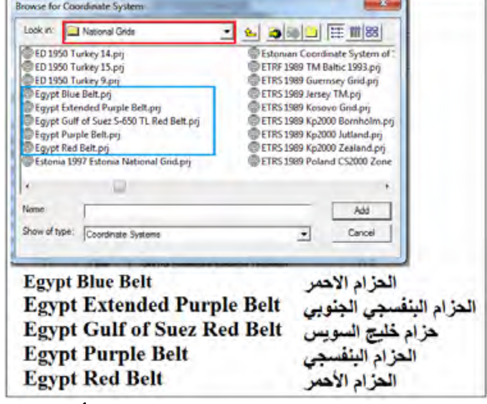


بنـاء علـي موقـع المنطقـة الجغرافيـة داخـل المملكـة يمكننـا معرفـة رقـم شـريحة UTM المناسـبة (أرجع للجزء النظري من الكتاب).

(٥) أما في مصـر فـأن النظـام المتـري للإحـداثيات هـو نظـام مـن نـوع ميريكـاتور المـستعرض Transfers Mercator أو اختصارا TM وليس نظام ميريكاتور المستعرض العالمي المعـروف باسـم UTM. نـدخل مجلـد National Grids لعـرض الـنظم المحليـة (وليـست العالمية) للإحداثيات:



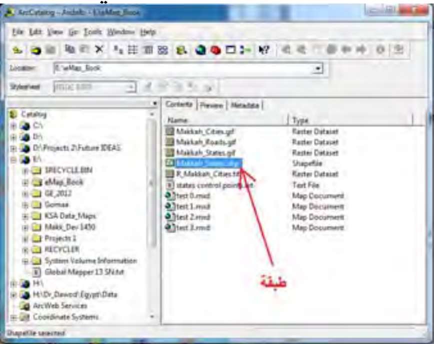
وبداخله نجد الشرائح المصرية:



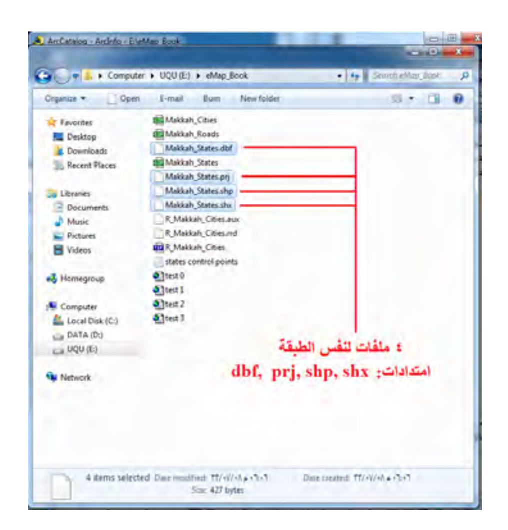
وبناء علي موقع المنطقة الجغرافية نختار الشريحة المناسبة (أنظر الجزء النظري من الكتاب).

٨-٣-٣ نسخ طبقة

يتعامل (أو بمعني أدق يعرض) برنـامج Arc Catalogue الطبقة كأنها ملف واحد فقط مما يجعل المستخدم المبتدئ يظن أن بإمكانه استخدام أمر "نسخ copy" من برنامج الويندوز لنسخ الطبقة من مجلد لآخر أو من القرص الصلب للكمبيوتر إلي الفلاش.



في حقيقة الأمر فأن الطبقة shapefile تتكون من مجموعة من الملفات (من ٤ إلي ٧ طبقا لخصائصها) كلهم بنفس الاسم لكن مع اختلاف الامتداد extension:



فعند استخدام برنامج Arc Catalogue لنسخ الطبقة فأنه يقوم بنسخ جميع ملفاتها إلي المكان المطلوب، بينما نسخ ملف shp فقط باستخدام أوامر الويندوز لن يكون سليما ولن يستطيع برنامج Arc Map فتح هذا الملف (هذه الطبقة) دون باقي ملفاتها.

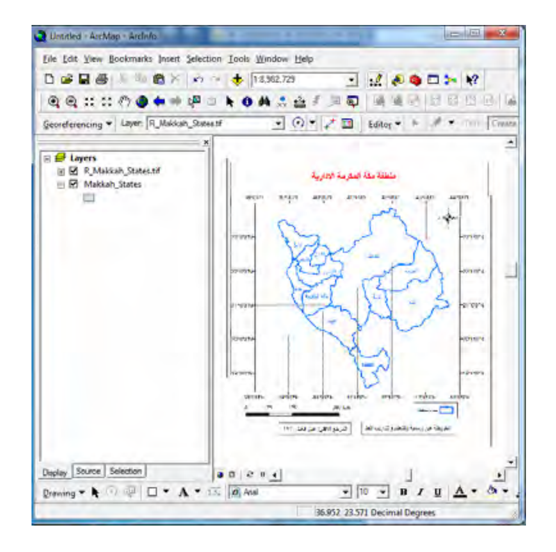
٨-٤ الترقيم أو رسم مظاهر الخريطة

إن فكرة الترقيم من الشاشة on-screen digitizing تماثل ما يفعله الأطفال عند بدء تعلمهم الرسم وهم في الصغر. فالطفل يأتي بالصورة الأصلية ويضع فوقها ورقة شفاف ويبدأ رسم ما يظهر من الصورة علي ورقة الشفاف هذه حتى لا يؤثر علي الصورة الأصلية. هذا بالضبط ما سنقوم به في إنتاج الخرائط الرقمية! نحن لدينا صورة من الخريطة الأصلية (ممسوحة ضوئيا scanned) وقمنا بإنشاء ملف طبقة shapefile سيماثل ورقة الشفاف، وسنفتح كلاهما في مشروع واحد وبدلا من المرسمة (القلم الرصاص) سنستخدم الماوس لنرسم – في الطبقة – نسخة طبق الأصل من معالم صورة الخريطة. لكن ربما يتبادر للذهن سؤال: لماذا نفعل ذلك؟ لماذا لا نتعامل مباشرة مع صورة الخريطة؟. الإجابة تكمن في كلمة **"صورة"**، فبرنامج Arc GIS (مثله مثل أي برنامج كمبيوتر) يتعامل مع مخرجات الماسح الضوئي علي أنها "صورة"، أي لا يمكن التمييز بين معالمها. فمثلا البرنامج لا يستطيع أن يميز أو يفرق بين مضلع و آخر في صورة الخريطة التعليمية الأولي (شكل ٨-٢) ولا يستطيع معرفة حدود محافظة معينة ولا يستطيع حساب مساحة هذه المحافظة. فبالنسبة للبرنامج هذه ليست "خريطة" إنما هي "صورة" الخريطة، أي مثلها مثل أي صورة فوتوغرافية. لذلك فنحن بحاجة إلي نسخة رقمية من هذه الصورة، نسخة يستطيع البرنامج أن يميز بين معلم و آخر ويستطيع التعامل مع كل معلم بها بأبعاده و مميزاته الجغرافية الحقيقية (مسافات و أبعاد و مساحات ... الخ).

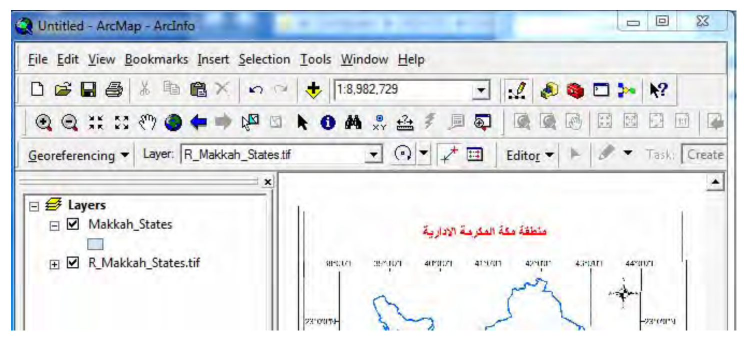
تجدر الإشارة لوجود أجهزة ماسحات ضوئية scanners عالية التقنية تستطيع أثناء عملية المسح الضوئي أن تميز بين معالم الخريطة المطبوعة (من خلال التمييز بين درجة الانعكاس الضوئي واختلافها من معلم لآخر) وبالتالي فأن هذا النوع من الأجهزة ينتج نسخة رقمية (وليست صورة) من الخريطة الأصلية المطبوعة. لكن المشكلة أن هذه الأجهزة غالية الثمن جدا ومن الصعب توافرها للمستخدم البسيط. من هنا فأننا نلجأ لأجهزة الماسح الضوئي البسيطة (الرخيصة السعر) مع أنها تنتج "صورة" للخريطة المطبوعة، ثم نقوم بأنفسنا برسم معالم هذه الصورة في ملف رقمي في الكمبيوتر من خلال عملية الترقيم digitizing، فبذلك نكون قد خفضنا بشدة من تكلفة الأجهزة المطلوبة في مقابل زيادة الوقت والجهد قليلا في إتمام عملية الترقيم ذاتها من الشاشة.

٨-٤-١ ترقيم المضلعات

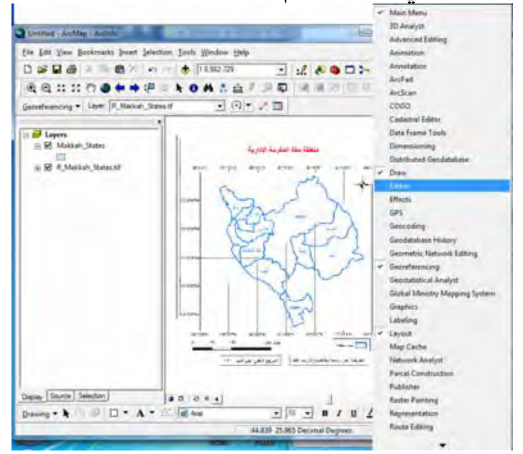
نفتح برنامج Arc Map ونضيف (باستخدام أيقونة) صورة الخريطة التعليمية الأولي الصورة المرجعة Rectify (التي قمنا بها في التمرين الأول). لإضافة طبقة Makkah_States (التي قمنا بانشاؤها في برنامج Arc Catalogue كطبقة مضلعات) يمكن استخدام نفس الإيقونة أو يمكن – في حالة أن برنامج Arc Catalogue مازال مفتوحا معنا علي الشاشة- أن نضغط بالماوس باستمرار علي هذه الطبقة ولا نتركها إلا في جزء قائمة المحتويات من برنامج Arc Map، وهذه الطريقة تسمي السحب والإفلات Drag and Drop.



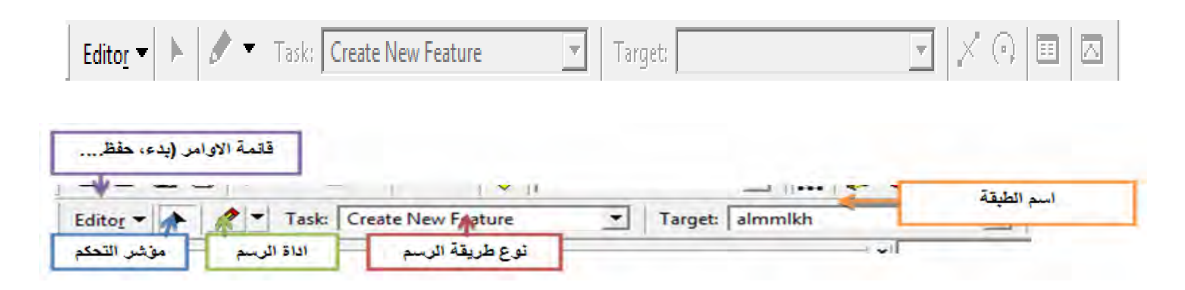
نري في الجزء الأيسر من الشاشة (قائمة المحتويات) أسم الصورة ثم تحتها أسم الطبقة. بينما نري في الجزء الأيمن (نافذة البيانات) المعالم الجغرافية لصورة الخريطة فقط حيث أن الطبقة مازالت فارغة وليس بها أي معالم. أما من حيث الترتيب فأن المنطقي أن تكون الطبقة (تماثل ورقة الشفافة) أعلي من الصورة (ألتي نريد شف محتوياتها)، لذلك نضغط بالماوس باستمرار علي اسم الطبقة و نحركها لأعلي، أو العكس بأن نضغط باستمرار علي اسم الصورة و نحركها لأسفل:



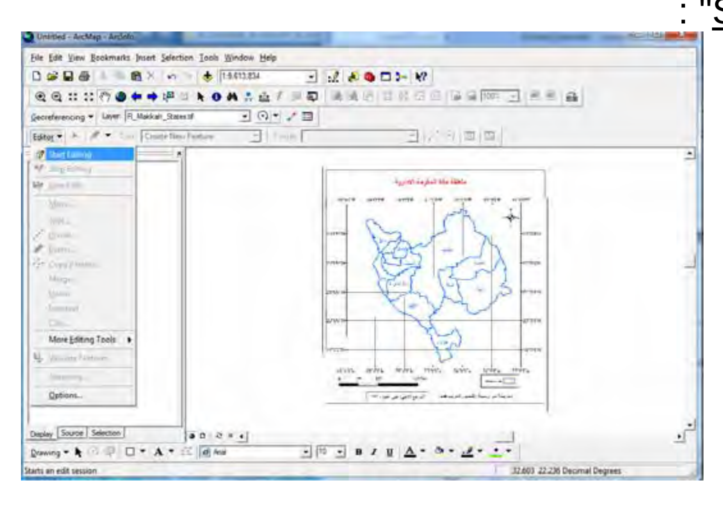
نلاحظ أيضا أنه يوجد مستطيل صغير تحت اسم الطبقة، وهذا يدلنا علي نوع هذه الطبقة: أي أن هذه الطبقة من نوع المضلعات (ليست نقاط ولا خطوط). في حالة أن شريط أدوات الترقيم غير ظاهر علي شاشة برنامج Arc Map، فنضغط بالماوس الأيمن في أي جزء من أعلي البرنامج (الجزء الرمادي) فتظهر قائمة كل شرائط الأدوات فان لم تكن هناك علامة "صح" أمام اسم شريط أدوات Editor فنضغط علي هذا الاسم بالماوس:



فيظهر لنا شريط أدوات التعديل Editing (وهو الخاص بعملية الترقيم أو الرسم داخل الطبقات):



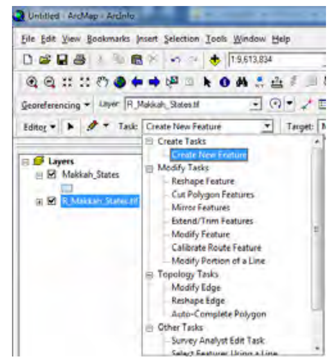
كما نلاحظ أن جميع الأيقونات بهذا الشريط غير نشطة أو فعالة Not Active. لتفعيل عملية التعديل (الترقيم) نضغط علي أيقونة Editor في شريط الأدوات ثم نختار أمر "<u>بدء التعديل Start Editing</u>" :



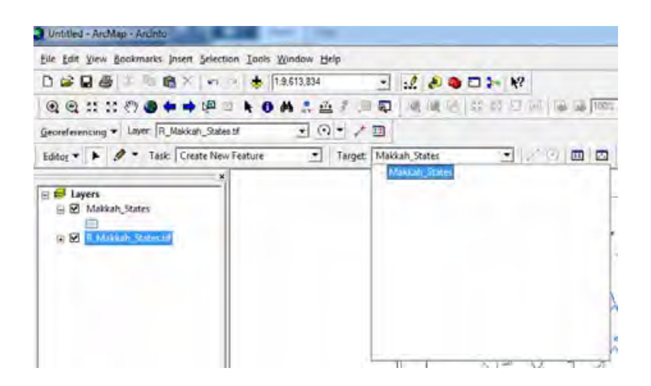
نلاحظ أن البرنامج لم يسأل عن الطبقة التي نريد أن نرسم داخلها ! والسبب أن المشروع الحالي لا يحتوي إلا علي طبقة واحدة فقط (في حالة وجود أكثر من طبقة بالمشروع ستظهر نافذة للاختيار).

<u>**أهم نقطتين**</u> يجب ملاحظتهما قبل البدء الفعلي في الرسم هما:

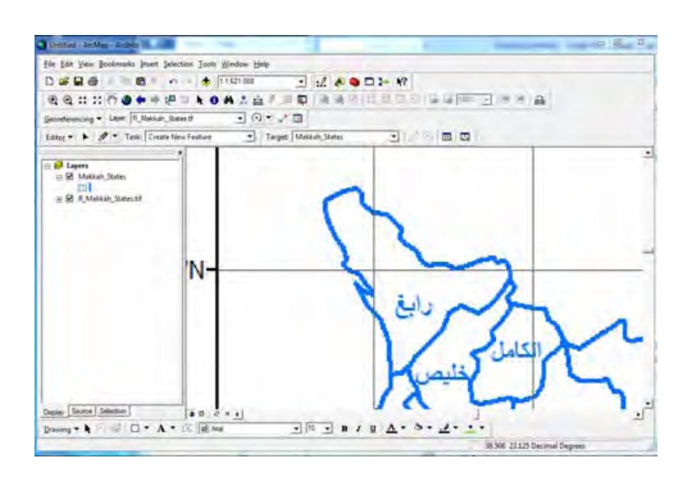
١. أيقونة العملية Task في شريط الأدوات: نجد في المثال الحالي أن الاختيار أمامها هو أمر Create New Feature أي رسم معلم جديد. هناك أوامر أخري في هذه الأيقونة سنتعامل معهم لاحقا، لكن طالما أننا سنبدأ فعلا في رسم المعالم الجديدة في الطبقة فيجب أم نتأكد أن أمر Create New Feature هو فعلا الموجود أمام كلمة Task.



٢. أيقونة الهدف Target في شريط الأدوات: وهي التي تحدد أسم الطبقة التي سيتم بها التعديل أو الترقيم. في حالة وجود أكثر من طبقة في المشروع فيجب أن نختار الطبقة المطلوبة قبل أن نبدأ فعلا في الرسم.

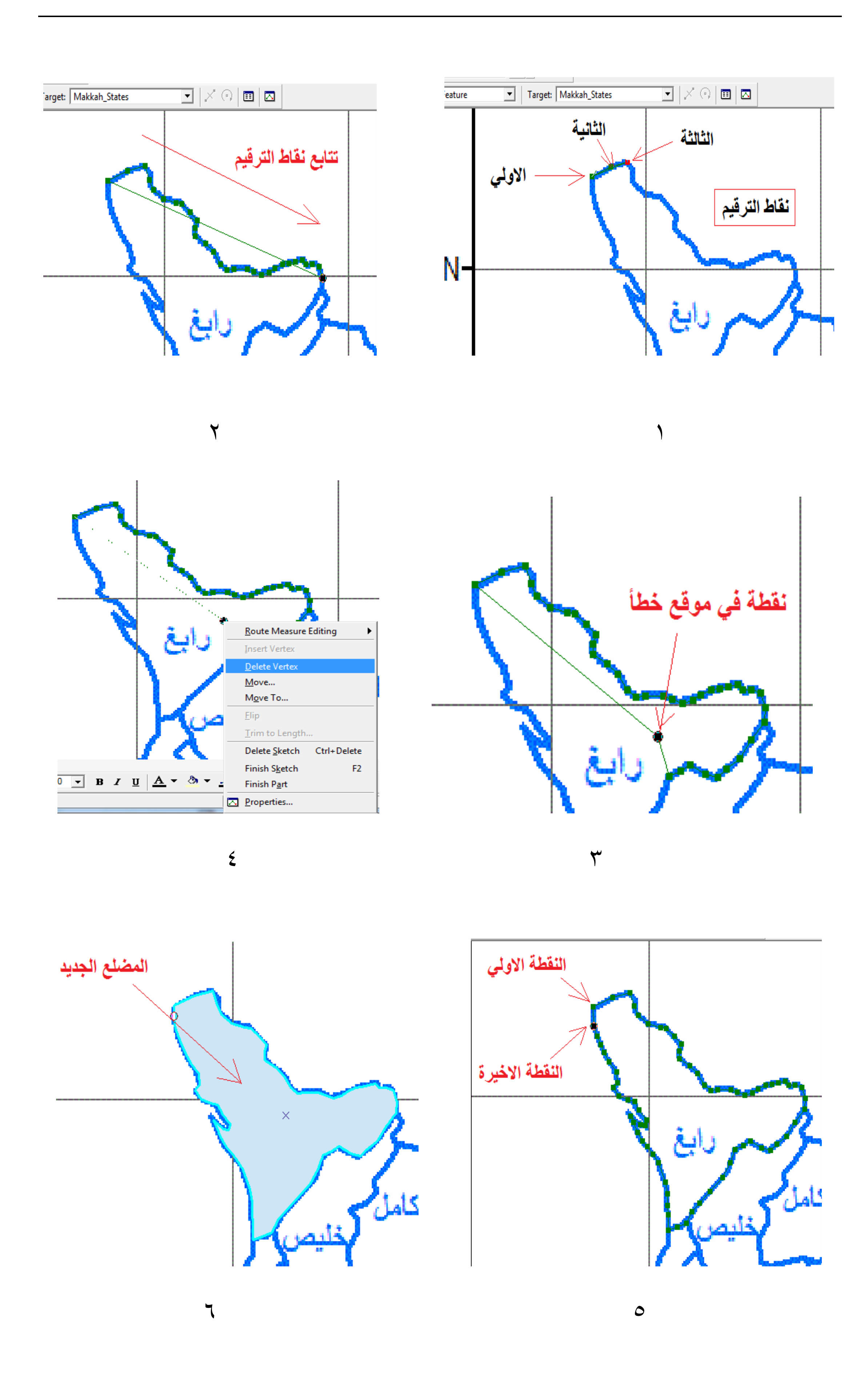


الآن نبدأ أولي خطوات الترقيم (نسخ معالم صورة الخريطة إلي الطبقة) ولكي يكون الترقيم دقيقا يجب أن نكبر أول جزء من الصورة وليكن مثلا أننا سنبدأ من الركن الشمالي الغربي للخريطة عند محافظة رابغ. نستخدم أيقونة التكبير لعرض هذا الجزء:



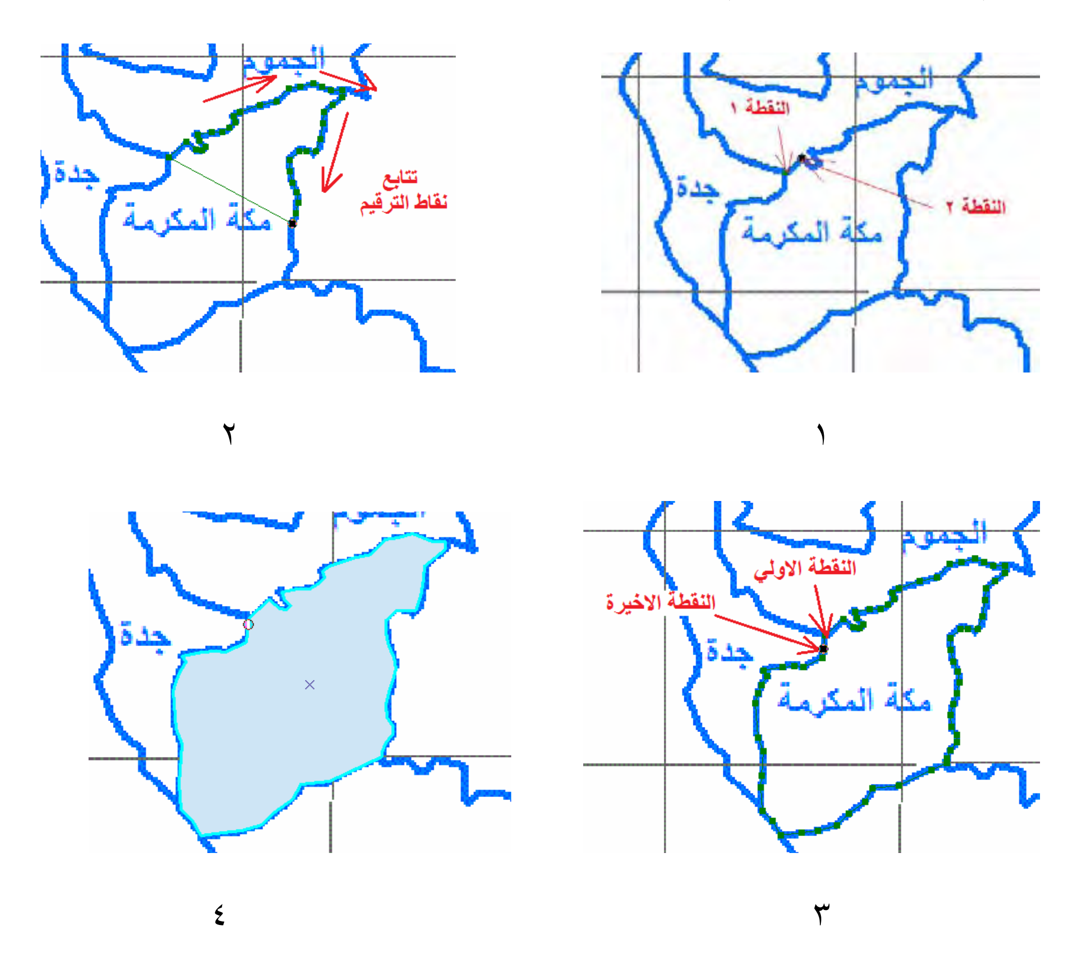
<u>تتكون عملية الترقيم (رسم مضلع يمثل محافظة رابغ) من:</u>

- ضغط أيقونة الرسم لبدء رسم المضلع
- تغير شكل الماوس ليصبح حتى يسهل علي المستخدم تحديد نقطة الرسم.
- نبدأ من أي نقطة (اختيارية) علي هذا المضلع ونضغط الماوس اليسار
- اتجاه السير (أثناء الترقيم) أيضا اختياريا فإما أن ندور مع حركة عقرب الساعة أو ضده. نتحرك بالماوس قليلا وعلي الخط - الذي يمثل حدود المضلع – نضغط الماوس اليسار مرة ثانية.
- نلاحظ أن البرنامج قد رسم خطا يصل بين هاتين النقطتين.
- نستمر في التحرك للنقطة الثالثة ثم الرابعة .... الخ علي نفس الخط الذي يمثل حدود المضلع
- المسافة بين كل نقطتين تعتمد علي مدي تعرج - أو استقامة – المضلع الأصلي الذي نقوم بترقيمه، فكلما كانت تعرج المضلع كثيفا كلما قللنا المسافة بين كل نقطتين لأن: (أ) البرنامج يصل بين النقطتين بخط مستقيم، (٢) أننا نريد ترقيم أو شف صورة الخريطة الأصلية في نسخة <u>طبق الأصل</u> منها.
- بالطبع يمكننا استخدام أيقونة التكبير كلما دعت الحاجة لذلك حتى نري تفاصيل صورة الخريطة الأصلية بدرجة تجعل الترقيم الذي نقوم به يماثل الأصل بأكبر درجة ممكنة. وبعد التكبير نقوم باختيار أيقونة الرسم مرة أخري لاستكمال الترقيم.
- إذا حدث أن ضغطنا الماوس (وضعنا نقطة) في موقع خطأ فماذا نفعل؟ نضع الماوس أعلي مكان هذه النقطة بالضبط ثم نضغط الماوس الأيمن فتظهر قائمة نختار منها أمر Delete Vertex لحذف هذه النقطة.
- بنفس هذه الخطوات نستمر في ترقيم – رسم – المضلع الذي يمثل محافظة رابغ حتى نصل تقريبا إلي النقطة التي بدأنا منها فنضغط الماوس الأيسر مرتين متتاليتين (دوبل كليك double click).
- نري الآن مضلع جديد قم تم رسمه يكاد يماثل تماما محافظة رابغ في صورة الخريطة.

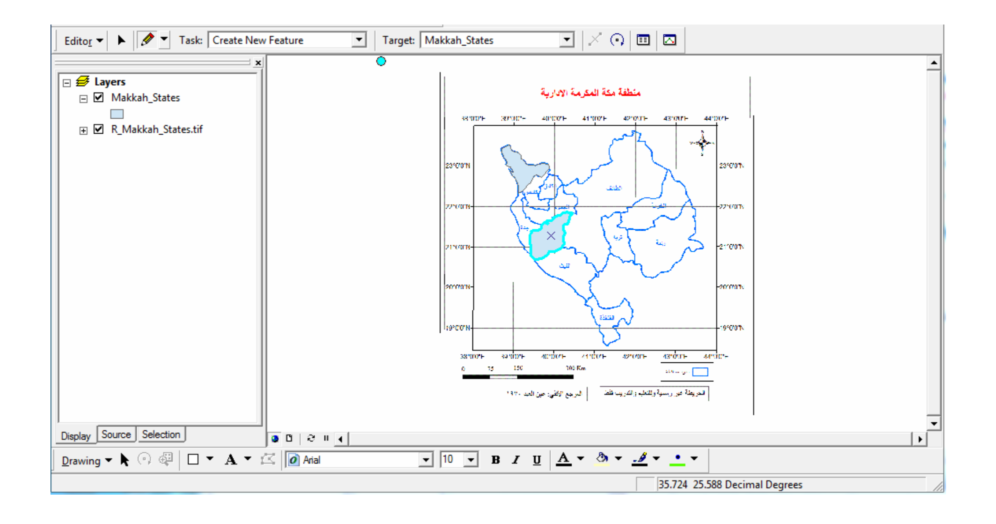


Target: Makkah_States
الثانية
الثالثة
الاولي
نقاط الترقيم
رابغ
١
تتابع نقاط الترقيم
رابغ
٢
نقطة في موقع خطأ
رابغ
٣
Route Measure Editing
Insert Vertex
Delete Vertex
Move...
Move To...
Flip
Trim to Length...
Delete Sketch　Ctrl+Delete
Finish Sketch　F2
Finish Part
Properties...
رابغ
٤
النقطة الاولي
النقطة الاخيرة
رابغ
خليص
٥
المضلع الجديد
كامل
خليص
٦

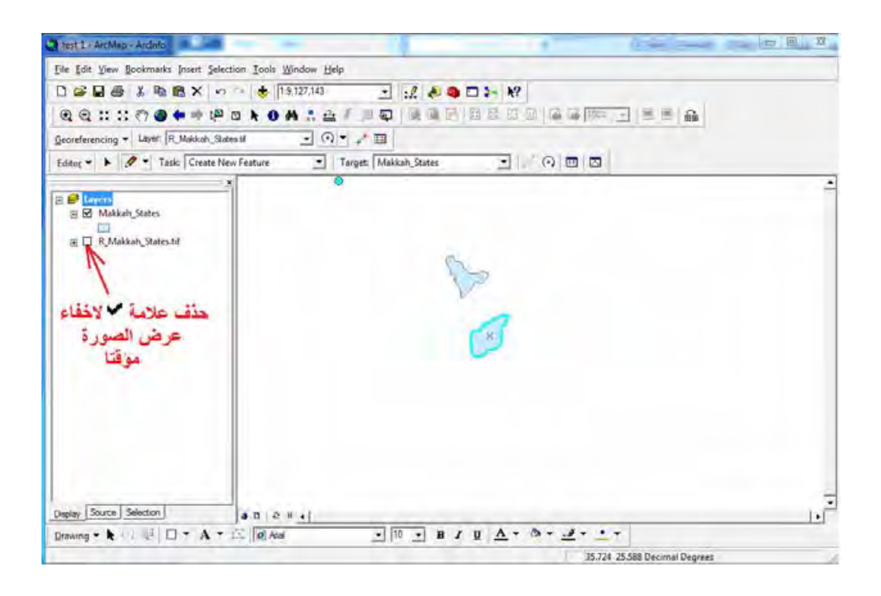
الآن سنقوم بتكرار نفس الخطوات لترقيم مضلع آخر (محافظة أخري) لكن بشرط – مؤقتا في هذا التمرين – ألا يكون هناك تلاصق أو تلامس أو حدود مشتركة بين المضلع الجديد والمضلع القديم. مثال: خطوات ترقيم محافظة مكة المكرمة:



إذا استخدمنا أيقونة الامتداد الكلي فسنجد شكل المشروع حتى الآن به مضلعين عند كلا من محافظة رابغ و محافظة مكة المكرمة:

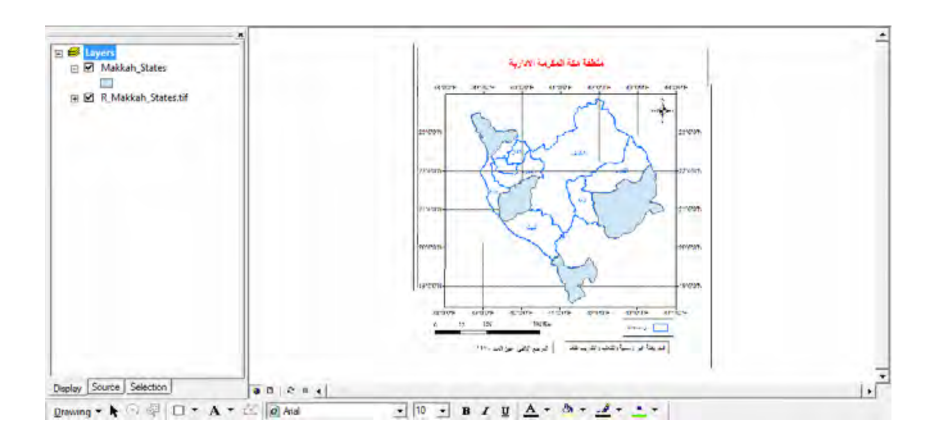


في الشكل السابق نري كلا من صورة الخريطة الأصلية و أيضا الطبقة معروضتين في نافذة البيانات (الجزء الأيمن من الشاشة)، فإذا أردنا فقط رؤية أو عرض الطبقة فقط فأننا تضغط علي علامة "صح" الموجودة أمام اسم الصورة R_Makkah_States.tif في قائمة المحتويات (الجزء الأيسر من الشاشة) فتختفي الصورة ولا يبقي إلا الطبقة:

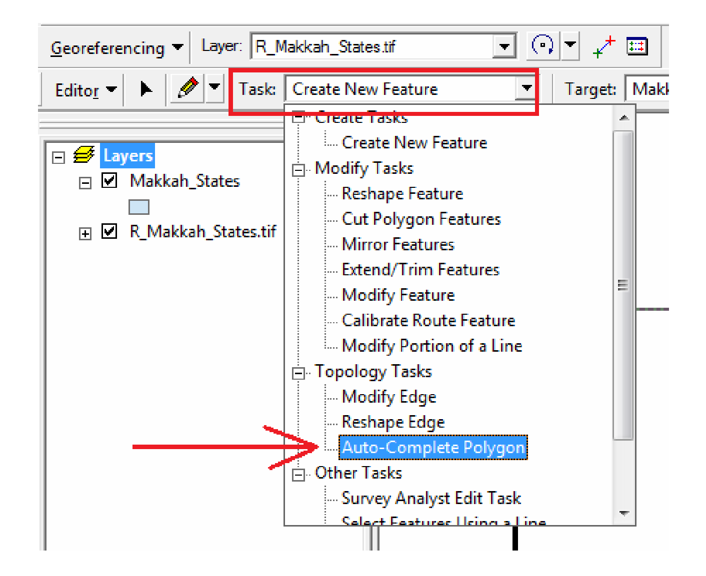


نحن لم نحذف الصورة إنما فقط قمنا باخفاؤها من العرض، فإذا أردنا عرضها مرة أخري فنقوم بالماوس بوضع علامة "صح" أمام أسمها في قائمة المحتويات.

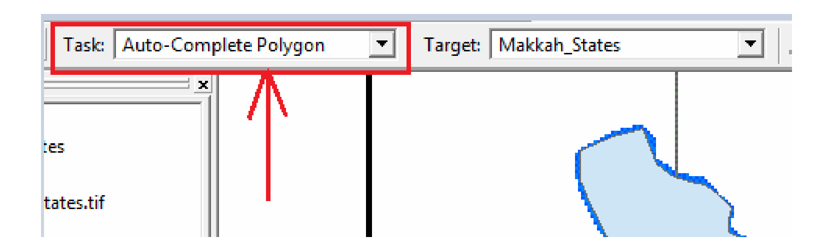
نقوم الآن بترقيم (رسم) عدة محافظات أو مضلعات أخري (غر متجاورة أو متلامسة مؤقتا) مثل محافظات القنفذة و رنية حتى يكون شكل المشروع كالتالي:



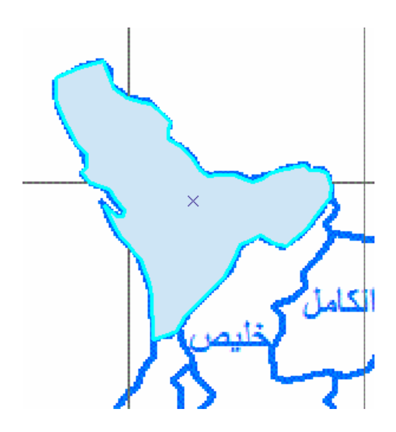
الآن سنبدأ في ترقيم (رسم) المضلعات المتلامسة أو التي بينها حدود مشتركة، فمثلا محافظة خليص لها حدود مشتركة مع محافظة رابغ التي قمنا بترقيمها. مهما حاول المستخدم أن يرسم (يرقم مرة أخري) الحد الفاصل أو المشترك بين هذين المضلعين فلن يكون دقيقا بنسبة ١٠٠% وسيكون هناك نسبة خطأ (أو منطقة فاصلة) بين حد محافظة رابغ و حد محافظة خليص. برنامج Arc Map به أمر منفصل لاستكمال مضلع بصورة آلية، بمعني أن المستخدم سيرسم الحدود الخارجية - غير المشركة- للمضلع الجديد بينما سيقوم البرنامج بنفسه برسم الحد المشارك مع المضلع القديم بصورة آلية سليمة تماما. هذا الأمر أسمه **Auto-Complete Polygon أي إكمال مضلع آليا** و هو أحد أوامر أيقونة Task في شريط أدوات التعديل:



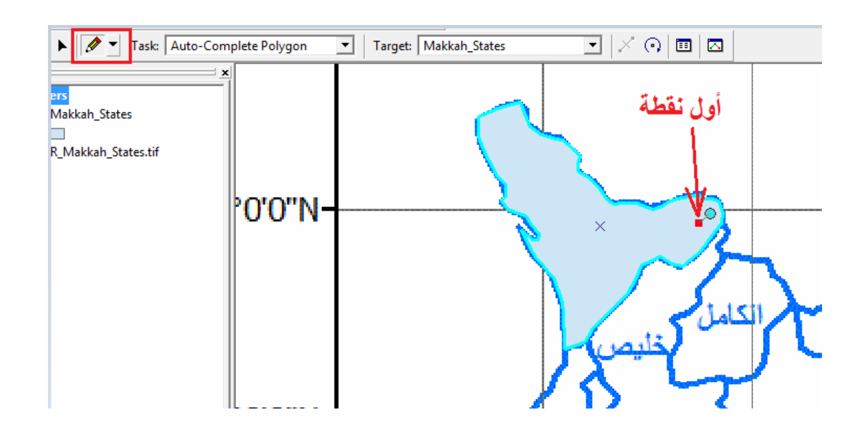
وعند اختيار هذا الأمر سيكون هو الأمر الحالي في الترقيم (الرسم) بدلا من أمر Create New Feature الذي كنا نستخدمه في رسم المضلعات السابقة:



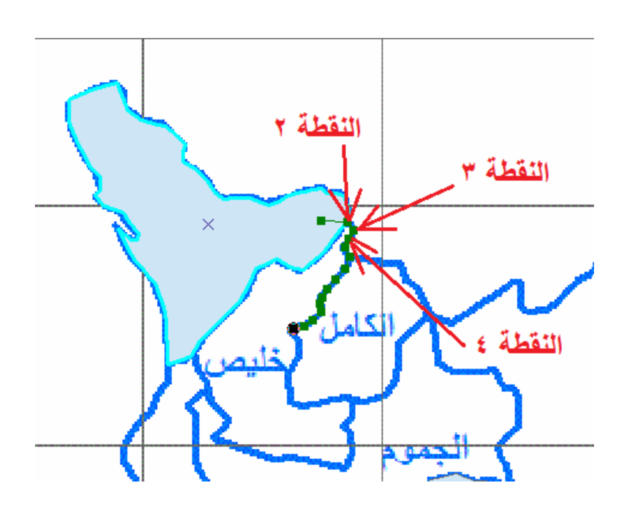
يجب علينا – في الخطوة الأولي – تعريف البرنامج بالمضلع القديم الذي لـه حد مشترك مع المضلع الجديد الذي سنقوم برسمه، ويتم ذلك باستخدام أيقونة الاختيار من شريط أدوات التعديل (الموجودة علي يسار أيقونة Editor) وبمجرد اختيار هذه الأيقونة سيتغير شكل مؤشر الماوس إلي المثلث الأسود، فنذهب لمضلع محافظة رابغ علي الطبقة (المضلع القديم أو الموجود فعلا) ونضغط الماوس الأيسر فيصبح هذا المضلع هو المختار (عليه حدود باللون الأزرق الفاتح):



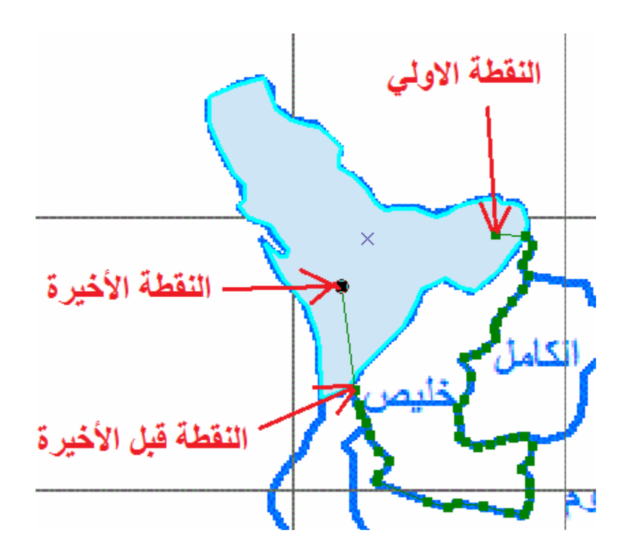
نختار الآن أيقونة الرسم لبدء الترقيم، و نبدأ الترقيم (أول نقطة) من داخل المضلع القديم:



تكون النقطة الثانية علي أول الحد الفاصل (المشترك) ثم تتوالي النقاط علي امتداد المضلع الجديد:



وهكذا يستمر الترقيم (رسم حدود محافظة خليص) حتى الوصول لبداية الحد المشارك مرة أخري من الجهة المقابلة، ثم تكون آخر نقطة ترقيم داخل المضلع القديم مرة أخري:

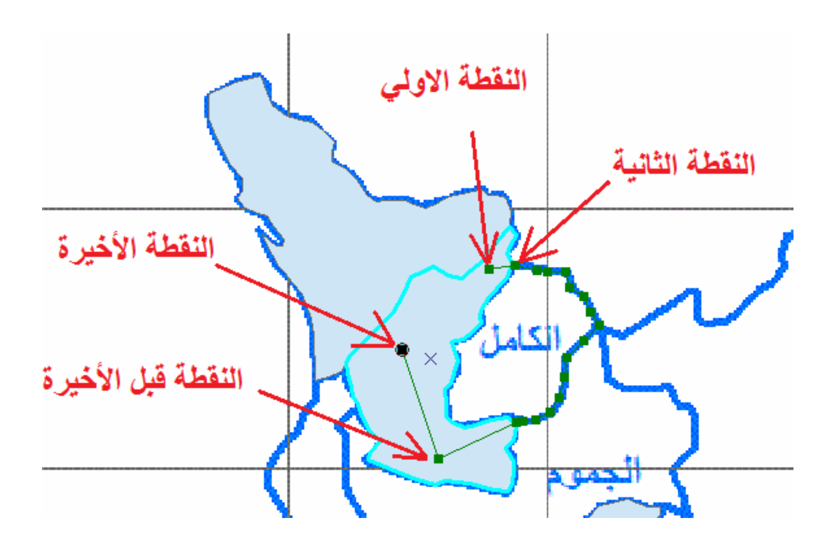


الآن نضغط الماوس الأيسر ضغطتين متتاليتين (دوبل كليك) لإتمام عملية ترقيم المضلع الجديد الذي سيظهر لنا علي الشاشة:

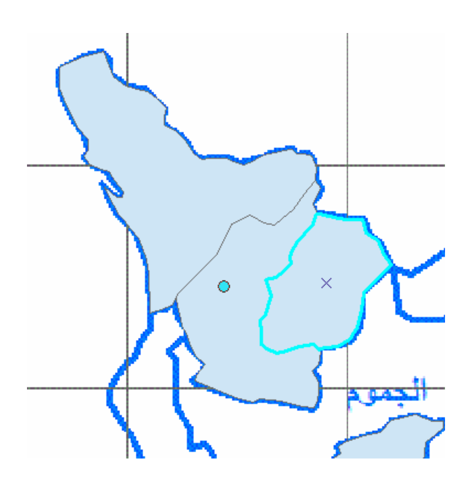


نلاحظ أن البرنامج قد قام برسم الحد المشترك (بين المضلعين القديم و الجديد) بصورة آلية دون أن نقوم نحن بترقيم هذا الحد المشترك ، وطبعا السبب أننا نستخدم الآن أمر -Auto Complete Polygon أي إكمال مضلع آليا.

كتجربة أخري سنقوم بتكرار نفس الخطوات لرسم مضلع (محافظة) الكامل والذي له حد مشترك مع مضلع (محافظة) خليص. طالما أن مضلع خليص (الذي سيكون المضلع القديم الآن) هو فعلا المختار (مظلل باللون الأزرق الفاتح علي حدوده) فنحن لسنا في حاجة لاختياره من جديد باستخدام أيقونة الاختيار وسنبدأ الترقيم مباشرة: نبدأ أول نقطة داخل المضلع القديم (محافظة خليص) ثم النقطة الثانية عند بداية الحد المشترك ثم تتوالي النقاط علي مضلع محافظة الكامل بنفس الطريقة السابقة حتى نرسم حدودها كصورة طبق الأصل من صورة الخريطة (لا تنسي استخدام أيقونة التكبير كلما دعت الضرورة لذلك). عند الوصول إلي بداية الحد المشترك من الجهة الأخرى نضع نقطة جديدة داخل المضلع القديم (خليص) لكننا نلاحظ أن هذه النقطة (قبل الأخيرة) ستتصل بخط مستقيم مع أول نقطة و هذا الخط ربما سيقطع جزء من الحد المشترك، لذلك نقوم بوضع نقطة ترقيم أخري (النقطة الأخيرة) أقرب للنقطة الأولي التي بدأنا منها:



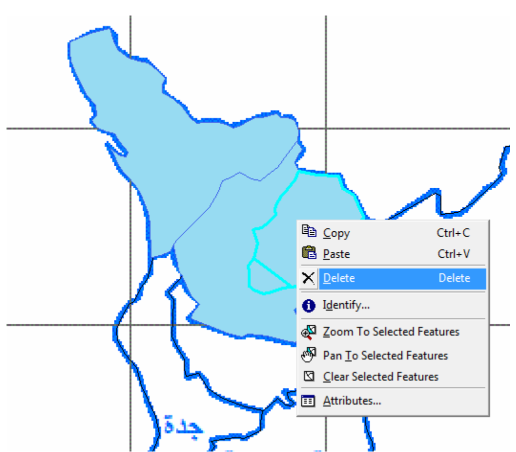
عند النقطة الأخيرة نضغط ضغطتين متتاليتين فنحصل علي المضلع الجديد لمحافظة الكامل (دون أن نرسم بأنفسنا الحد المشترك بينه و بين مضلع خليص السابق):



ماذا لو قمنا برسم مضلع بصورة خطأ؟ مثلا إذا كانت النقطة الأخيرة في المضلع في غير مكانها الصحيح وضغطنا دوبل كليك فقام البرنامج برسم مضلعين وليس مضلع واحد للمحافظة الجديدة الكامل؟:

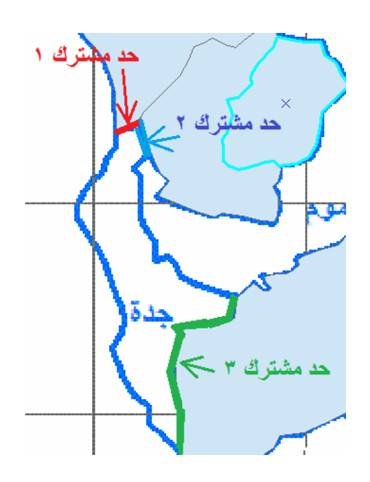


في هذه الحالة (طالما أن المضلعين الخطأ هما المختارين والمظللين بالأزرق الفاتح) نستخدم أيقونة الاختيار ثم نضغط الماوس الأيمن ومن القائمة نختار أمر Delete لحذف هذين المضلعين:



فيتم حذف المضلعين (الخطأ) ثم نعيد خطوات الترقيم من جديد.

بنفس هذه الطريقة يمكننا إتمام عملية الترقيم لأي مضلع (محافظة) في التمرين. لكن تواجهنا أحيانا مشكلة أن بعض المضلعات (المحافظات) لها أكثر من حد مشترك مع مضلعات قديمة سبق ترقيمها. علي سبيل المثال إذا أردنا ترقيم (رسم) مضلع محافظة جدة سنجد أن له حد مشترك مع محافظة رابغ و حد مشترك مع محافظة خليص وأيضا له حد مشترك مع محافظة مكة المكرمة:



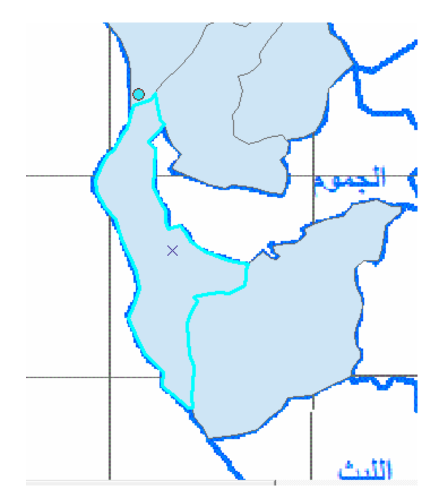
في هذه الحالة علينا اختيار المضلعات (القديمة) الثلاثة لكي يعرف البرنامج أن المضلع الجديد المطلوب إنشاؤه له ٣ حدود مشتركة مع ٣ مضلعات قديمة. باستخدام أيقونة الاختيار من شريط أدوات التعديل نختار بالماوس المضلع الأول (محافظة رابغ مثلا) ثم نضغط مفتاح Shift من لوحة مفاتيح الكمبيوتر باستمرار ثم نختار بالماوس المضلع الثاني و المضلع الثالث:

<u>نبدأ خطوات ترقيم مضلع (محافظة) جدة:</u>

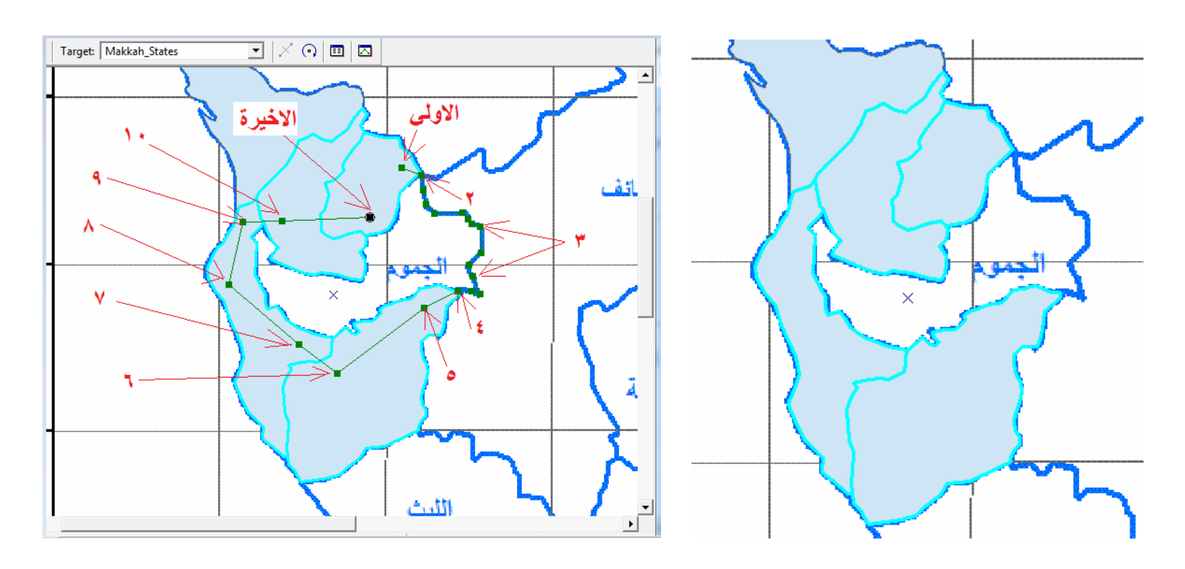
- نختار أيقونة الرسم
- أول نقطة: داخل المضلع القديم الأول (رابغ)
- ثاني نقطة: داخل المضلع القديم الثاني (الكامل)
- ثم عدة نقاط علي حدود مضلع جدة حتى نصل إلي الحد المشترك الثالث (بين جدة و مكة المكرمة)
- نضع نقطتين داخل مضلع مكة المكرمة (القديم) واحدة قرب بداية الحد المشترك و الأخرى قرب نهاية هذا الحد
- نكمل ترقيم الجزء الأخير من مضلع جدة حتى نصل للحد المشترك الأول مرة أخري
- نضع آخر نقطة داخل مضلع رابغ بالقرب من نقطة البداية التي بدأنا الترقيم منها



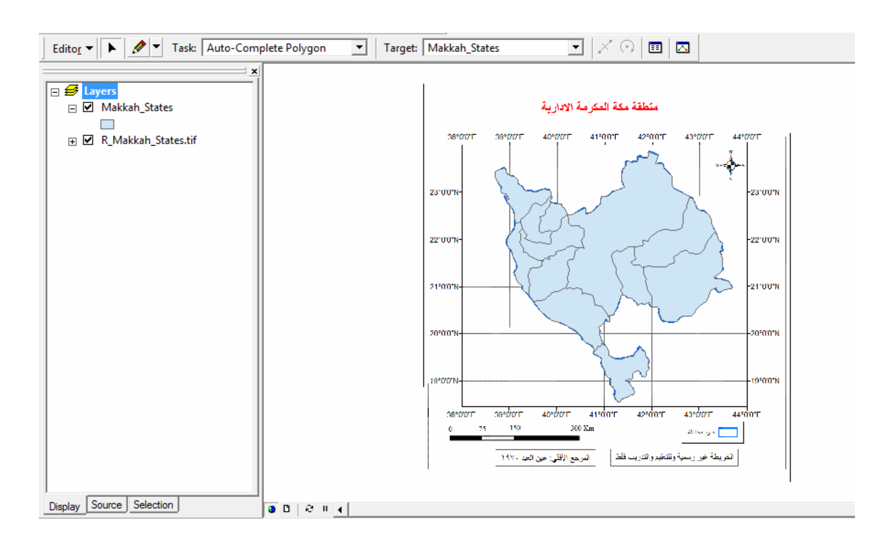
ثم نضغط دوبل كليك عند النقطة الأخيرة فنحصل علي مضلع محافظة جدة:



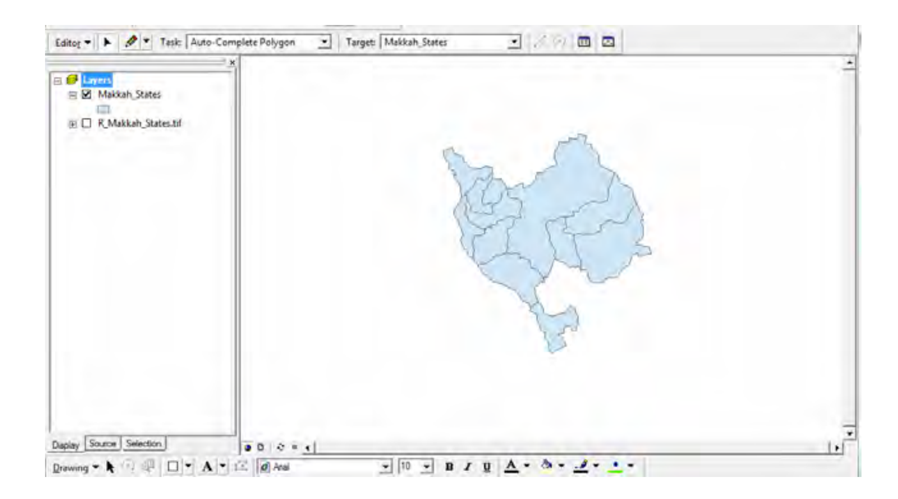
بنفس الأسلوب نكمل ترقيم باقي المضلعات، فمثلا محافظة الجموم سيكون لها ٤ حدود مشتركة سنختارهم بنفس الأسلوب، ثم نرقم (نرسم) المضلع بنفس الطريقة السابقة:



يستمر العمل في هذا التمرين حتى نكمل ترقيم (رسم) جميع المضلعات الأثنا عشر (١٢ محافظة) حتى تكون الطبقة في شكلها الأخير كالتالي:



و إذا أخفينا الصورة الأصلية (صورة الخريطة) فأن الطبقة تكون:



وبذلك يكون **لدينا الآن طبقة (ملف رقمي أو خريطة رقمية)** تمثل صورة طبق الأصل من الخريطة الأصلية المطبوعة لمحافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية. لكن هذه الطبقة رقمية أي يمكن تغيير ألوانها و مقياس رسمها و كافة خصائصها الخرائطية (ولم نعد الآن بحاجة لصورة الخريطة الأصلية الممسوحة ضوئيا).

حفظ save الترقيم:

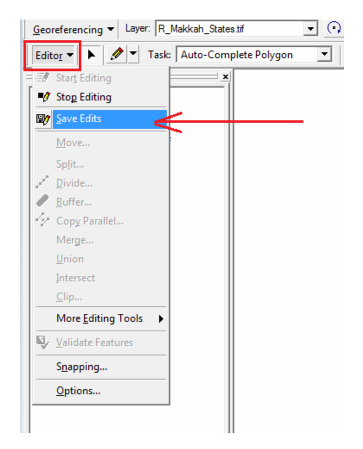
حتى الآن – في هذا التمرين – فقد قمنا بجزأين من العمل:

- أولا: قمنا بفتح مشروع جديد في Arc Map وأضفنا إليه كلا من صورة الخريطة و الطبقة.
- ثانيا: قمنا بالترقيم (أو الرسم أو التعديل Editing) في الطبقة.

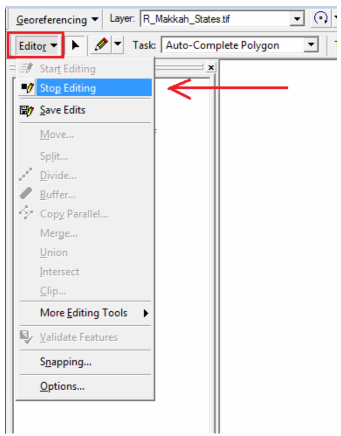
إذن للحفظ يلزمن أيضا خطوتين:

- حفظ التعديل
- حفظ المشروع

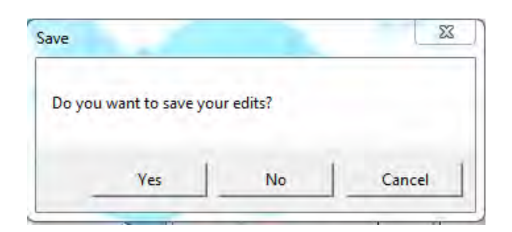
(أولا) نبدأ بحفظ الترقيم في الطبقة: من أيقونة Editor نختار أمر **Save Edits** لحفظ التغييرات التي قمنا بها داخل الطبقة:



طالما أننا قد انتهينا من كل خطوات الترقيم (التعديل أو الرسم) المطلوبة في هذه الطبقة فعلينا الآن **<u>إيقاف التعديل Stop Editing</u>** من شريط الأدوات:

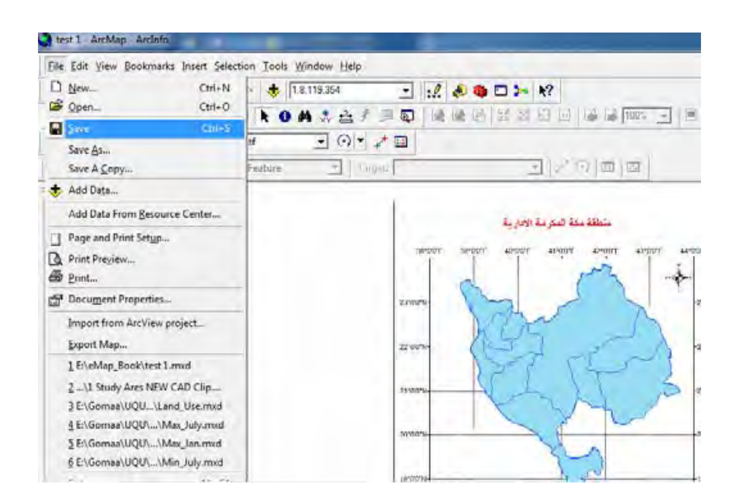


في حالة إعطاء أمر إيقاف التعديل Stop Editing <u>ولم نكن قد قمنا</u> بأمر الحفظ Save Edits فأن البرنامج سيسألنا – كتحذير – إن كنا نريد حفظ التعديلات أم لا:



وبالطبع سنختار Yes لحفظ آخر تعديلات قد قمنا بها.

<u>ثانيا: حفظ المشروع:</u> من شريط الأدوات الرئيسي لبرنامج Arc Map: إما أن نضغط أيقونة الحفظ مباشرة أو أن نختار أمر Save من النافذة المنسدلة:



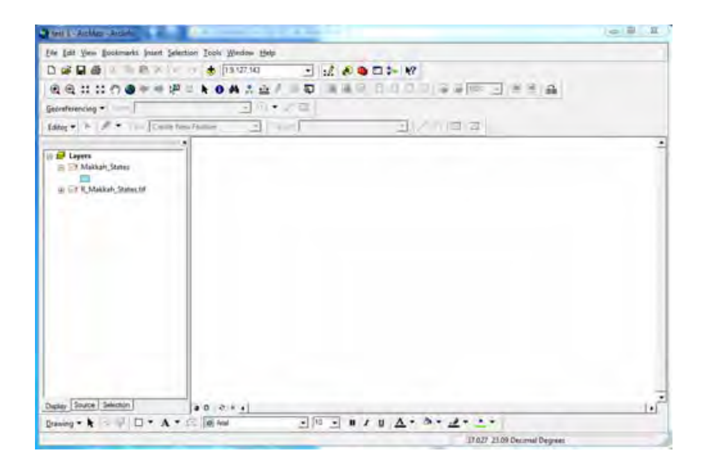
وحيث أننا لم نعطي أسم لهذا المشروع الجديد فيسألنا البرنامج عن أسم المشروع وعن موقع (مجلد) تخزينه علي الكمبيوتر:



في هذا الجزء الأخير من التمرين الثاني سنناقش **<u>الفرق بين المشروع و الطبقة</u>** في برنامج Arc Map، فالكثير من المستخدمين المبتدئين لا يعرفون هذا الفرق مما يسبب وقوعهم في بعض المشاكل.

<u>ملف المشروع</u> هو ملف يحتوي معلومات عن مكونات المشروع، أي أسماء الطبقات التي يحتويها هذا المشروع و كيفية عرض كل طبقة أو صورة داخل المشروع. أي أننا يمكننا أن نتخيل **ملف المشروع كما لو كان "محتويات" كتاب**، ففي بداية أي كتاب توجد صفحة المحتويات و بها أسماء فصول الكتاب و عناوين الأشكال و الجداول التي يحتويها الكتاب. أما لكي نعرف المعلومات الحقيقية في الكتاب فيجب أن نطالع فصول الكتاب ذاتها ونقرأ ما بداخل كل فصل من الفصول. هذه الفصول هي "<u>الطبقات</u>". أيستطيع أي قارئ أن يعرف تفاصيل معلومات الكتاب فقط من قراءة محتوياته أم أنه يجب أن يقرأ كل فصل من فصول الكتاب؟

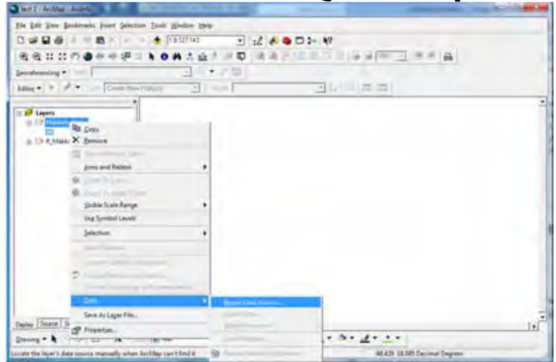
<u>ملف الطبقة</u> هو الملف الذي يحتوي تفاصيل المعالم المكانية المرسومة داخل الطبقة ذاتها، فهو الملف الذي بداخله نقوم بالرسم و التعديل والحذف ... الخ. فإذا حصلنا علي ملف المشروع (سنعرف محتوياته وما به من طبقات) وإذا حصلنا علي ملفات الطبقات التي يتكون منها هذا المشروع سنري تفاصيل كل ملف من هذه الطبقات. لكن ماذا إذا كان لدينا ملف مشروع ولم يكن لدينا ملفات الطبقات التي يتكون منها هذا المشروع:



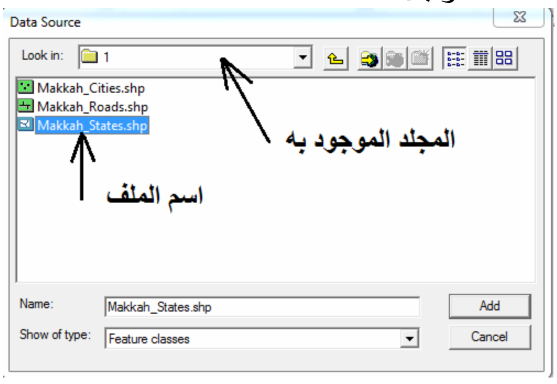
في قائمة المحتويات (الجزء الأيسر من الشاشة) توجد أسماء مكونات المشروع أي أننا نعرف أن هذا المشروع يتكون من صورة ممسوحة ضوئيا أسمها Makkah_States.tif وأيضا طبقة من نوع المضلعات أسمها Makkah_States. لكن في نافذة البيانات (الجزء الأيمن من الشاشة) لا يوجد أي معلومات معروضة. كما نلاحظ وجود علامة تعجب باللون الأحمر !

بجوار أسم الصورة و الطبقة. أس أن برنامج Arc Map من خلال ملف المشروع قد عرف مكونات هذا المشروع ومكان أو مجلد هذه الملفات علي الكمبيوتر (عندما حفظنا save المشروع في الخطوة السابقة) وبحث البرنامج عن هذه الملفات (الصورة و الطبقة) ولم يستطع أن يعثر عليهما في المجلد المحدد علي الكمبيوتر، وبالتالي فالبرنامج لا يستطع عرض تفاصيل الصورة و الطبقة. السبب هنا أني قد نقلت ملفات الصورة و الطبقة من المجلد الأصلي لهما إلي مجلد آخر علي الكمبيوتر، وبالتالي فالبرنامج لا يعرف الموقع الجديد للملفات. ومثل هذه المشكلة يقع بها الكثير من المستخدمين المبتدئين، وأحيانا في الجامعة فأن الطلاب يرسلون لي ملفات المشروعات – دون ملفات الطبقات – لتقييم تمارينهم العملية ! وبالطبع لا تظهر لي الطبقات.

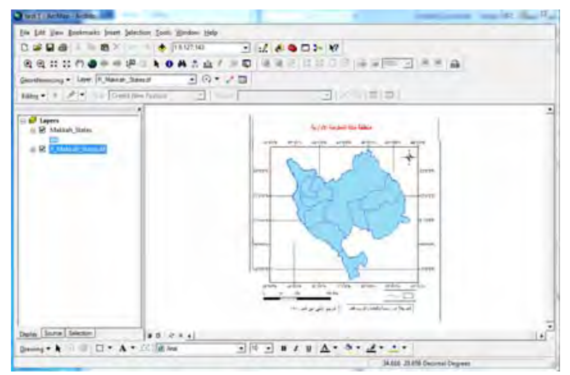
لحل هذه المشكلة نضغط بالماوس الأيمن علي أسم الطبقة ونختار – من القائمة – أمر Data ثم أمر **Repair Data Source إصلاح مصدر البيانات**:



ثم نحدد اسم و مجلد الملف المطلوب:



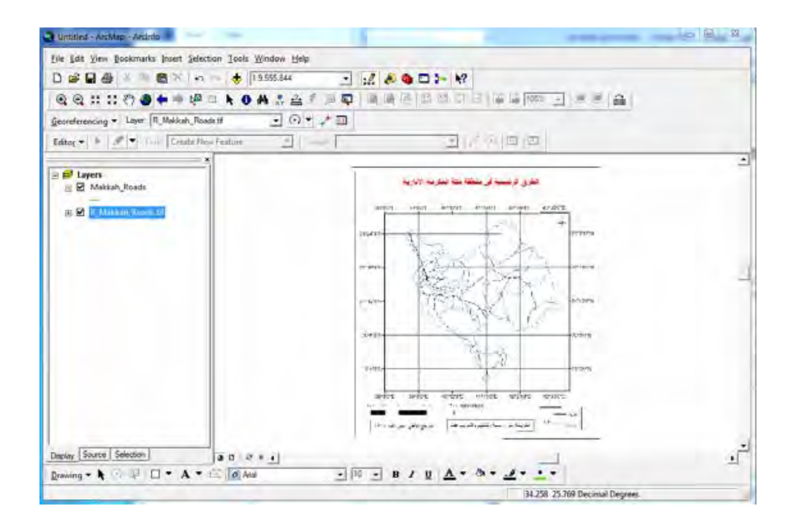
و بعد أن عرف برنامج Arc Map موقع ملفات الطبقة و الصورة فأنه يستطيع عرضهما في نافذة البيانات:



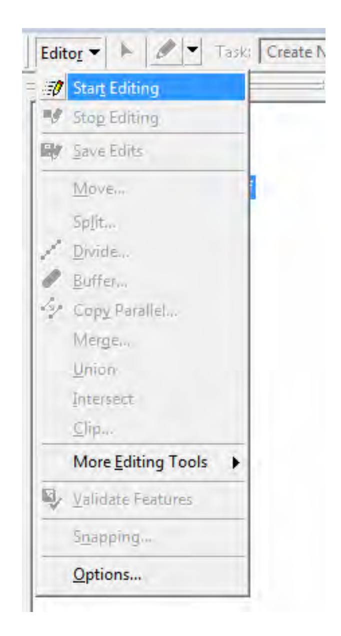
٨-٤-٢ ترقيم الخطوط

يعد ترقيم الخطوط أسهل من ترقيم المضلعات، فالخط المستقيم هو خط يصل بين نقطتين ومن السهل رسمه (ترقيمه) بسرعة، بينما إن كان الخط متعرجا فيجب ترقيم مجموعة من النقاط التي تحدد تفاصيل تعرجات هذا الخط.

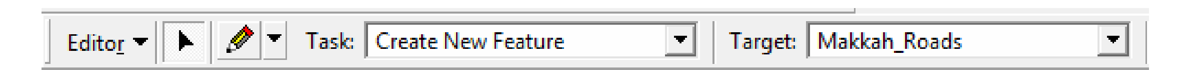
نبدأ بفتح مشروع Arc Map جديد ونضيف (باستخدام أيقونة) الخريطة التعليمية الثانية (شكل ٨-٣) بعد تقويمها Rectify (ولكن أسمها مثلا R_Makkah_Roads) وأيضا سنضيف طبقة الطرق التي قمنا بانشاؤها في الجزء السابق (ولكن أسمها مثلا Makkah_Roads). نلاحظ وجود خط تحت اسم الطبقة في قائمة المحتويات للدلالة علي أن هذه الطبقة من نوع طبقات الخطوط:



لبدء التعديل (الترقيم أو الرسم في الطبقة) نضغط أمر Start Editing من قائمة Editor في شريط أدوات التعديل:

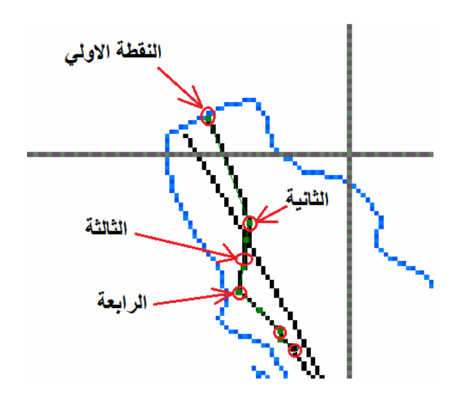


بالطبع سيكون أمر "إنشاء معلم جديد Create New Feature" هو الأمر النشط من قائمة العملية Task وستكون اسم طبقة الخطوط Makkah_Roads هو الظاهر أمام قائمة الهدف Target (فليس بالمشروع الحالي إلا طبقة سواها):

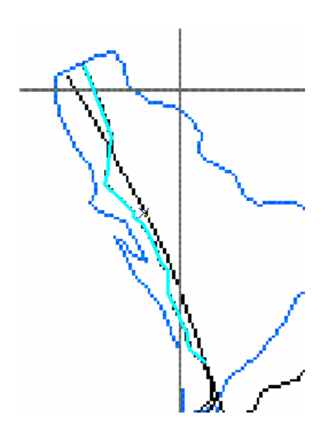


نلاحظ أن الطرق علي الصورة هي التي باللون الأسود بينما حدود المحافظات تظهر باللون الأزرق:

نستخدم أيقونة التكبير لتكبير أول جزء من صورة الخريطة الأصلية (وليكن مثلا الجزء الشمالي الغربي منها) ثم نبدأ الترقيم باستخدام أيقونة الرسم مثلما فعلنا في التمرين السابق، ونبدأ في وضع أول نقطة (بالماوس الأيسر) عند بداية أول طريق ثم نضع نقطة أخري في نهاية الجزء المستقيم منه ثم مجموعة من النقاط علي الجزء المتعرج من الطريق (ضمانا لشف أو رسم نسخة طبق الأصل من صورة الخريطة الأصلية الممسوحة ضوئيا):

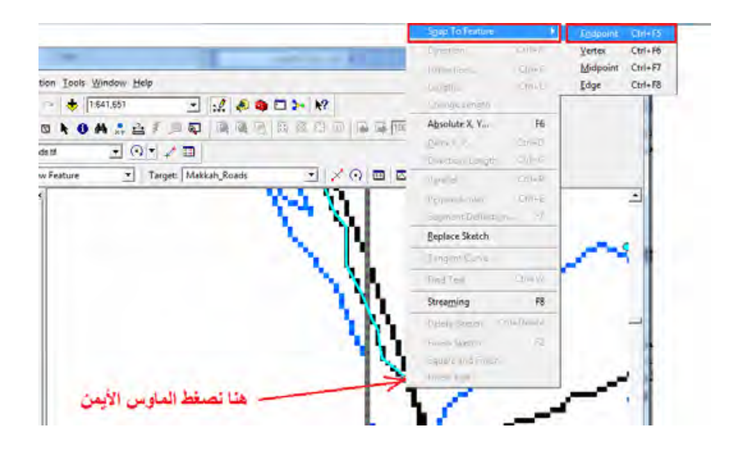


نحرك الخريطة قليلا لأسفل (باستخدام أيقونة) حتى نري باقي هذا الطريق ثم نعيد تفعيل أيقونة الرسم ونستكمل رسم هذا الطريق. وفي نهاية الطريق نضغط الماوس الأيسر ضغطتين متتاليتين لإتمام عملية رسم هذا الطريق الذي سيظهر الآن باللون الأزرق الفاتح:

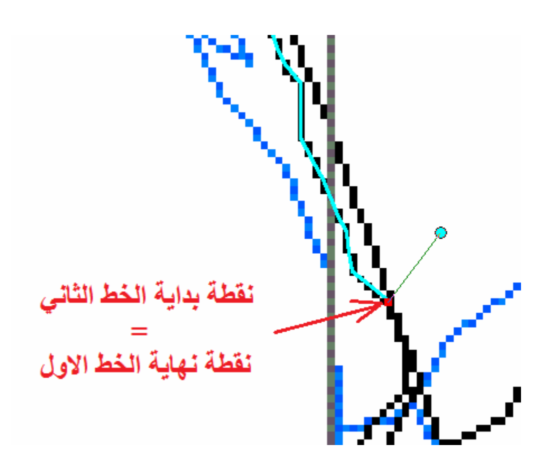


في نهاية هذا الطريق (الجزء الجنوبي) يوجد تقاطع مع طريق آخر، وعند بداية رسم الطريق الثاني فسيكون من الصعب علي المستخدم وضع نقطة بداية الطريق الثاني بالضبط ١٠٠% عند نهاية الطريق الأول. يوجد أمر من أوامر الرسم في برنامج Arc Map يسمح لنا بإتمام هذه

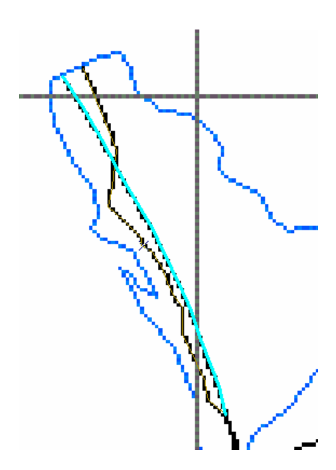
العمليـة بصـورة آليـة: عند نهايـة الطريـق الأول (نقطـة التقـاطع بين الطـريقين) نـضغط المـاوس الأيمن ومن القائمة المنسدلة نختار أمر **"Snap To Feature أي القفز إلـي معلـم معين"** ومنه نختار أمر **" Endpoint أي نقطة نهايـة"** بمعنـي أننا نريد القفز إلـي موقع نقطـة نهايـة الطريق الأول:



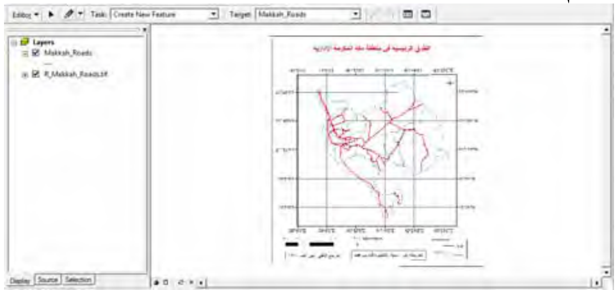
سنجد أن البرنـامج قد قام بوضع أول نقطة للخط الجديد تماما في نفس موقع آخر نقطة من الخط القديم:



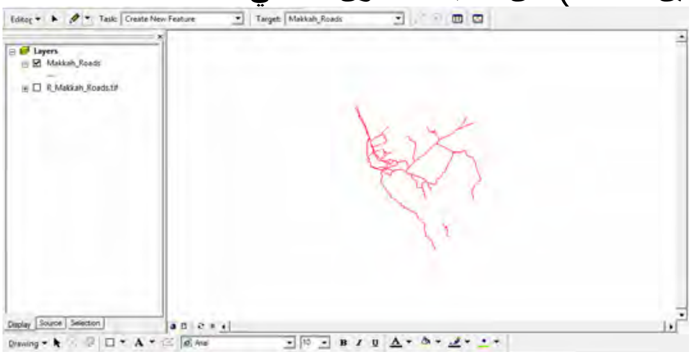
ثم نكمل ترقيم الخط الثاني حتى نهايته:



بهذه الخطوات البسيطة يمكننا إتمام عملية الترقيم (الرسم) لكافة الطرق في صورة الخريطة الأصلية حتى تكتمل معالم الطبقة الجديدة:

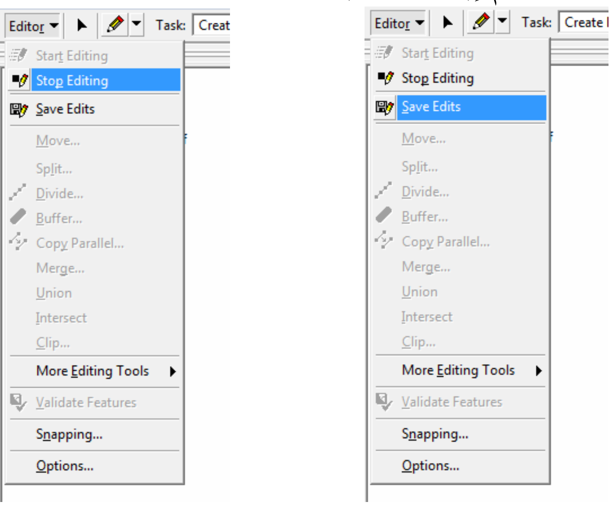


وإذا أخفينا صورة الخريطة الأصلية (بإلغاء علامة صح الموجودة أمامها في قائمة المحتويات علي يمين الشاشة) فأن الطبقة ستكون كالتالي:



في نهاية التمرين علينا عمل خطوتي الحفظ save :

(أ) حفظ التعديل داخل الطبقة ثم إيقاف التعديل:



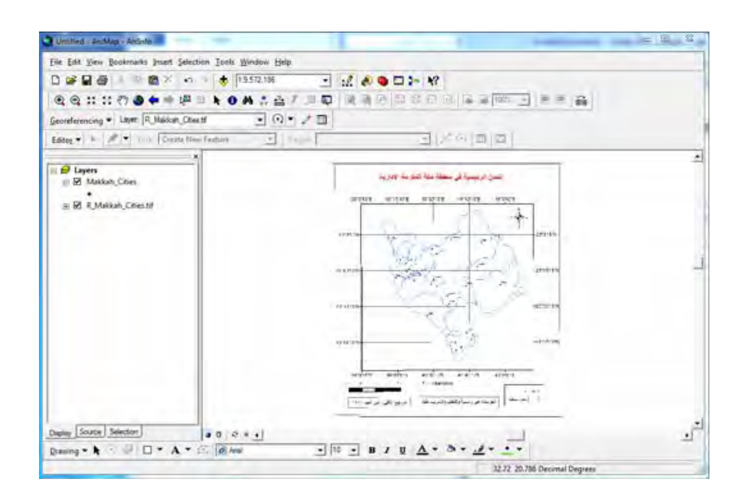
(ب) حفظ المشروع:



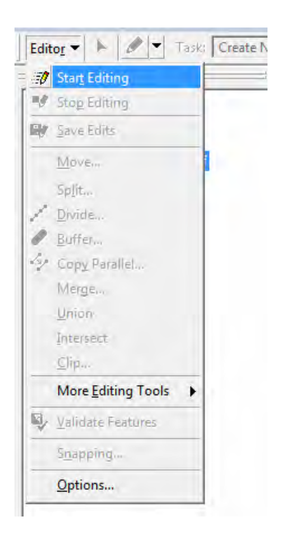
٨-٤-٣ ترقيم النقاط

يعد ترقيم النقاط أسهل و أسرع أنواع ترقيم المعالم الجغرافية، فالنقطة علي صورة الخريطة يتم تمثيلها كنقطة أيضا في الطبقة (بمجرد ضغطة ماوس).

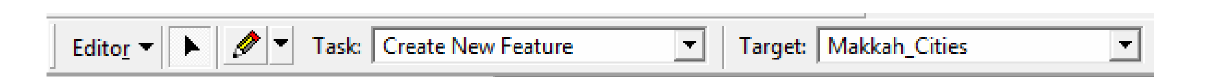
نبدأ بفتح مشروع Arc Map جديد ونضيف (باستخدام أيقونة) الخريطة التعليمية الثالثة (شكل ٨-٤) بعد تقويمها Rectify (وليكن أسمها مثلا R_Makkah_Cities) وأيضا سنضيف طبقة النقاط التي قمنا بانشاؤها في الجزء السابق (وليكن أسمها مثلا Makkah_Cities). نلاحظ وجود نقطة تحت اسم الطبقة في قائمة المحتويات للدلالة علي أن هذه الطبقة من نوع طبقات النقاط:



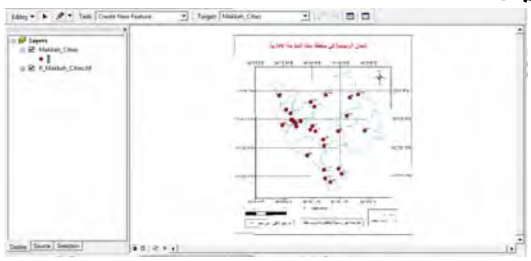
لبدء التعديل (الترقيم أو الرسم في الطبقة) نضغط أمر Start Editing من قائمة Editor في شريط أدوات التعديل:

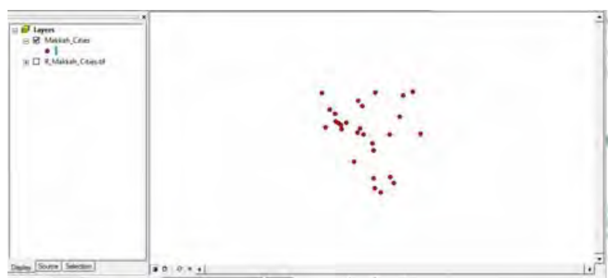


بالطبع سيكون أمر "إنشاء معلم جديد Create New Feature" هو الأمر النشط من قائمة العملية Task وستكون اسم طبقة الخطوط Makkah_Cities هو الظاهر أمام قائمة الهدف Target (فليس بالمشروع الحالي إلا طبقة سواها):



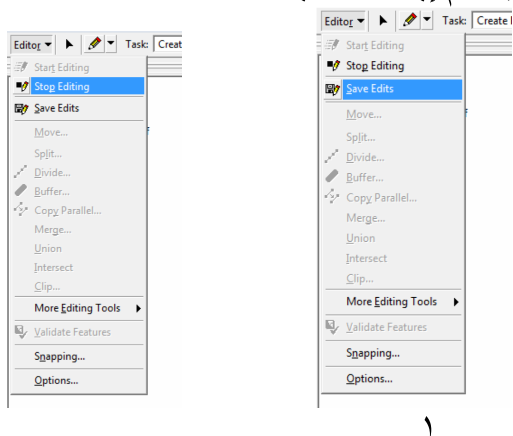
نستخدم أيقونة التكبير لتكبير أول جزء من صورة الخريطة الأصلية (وليكن مثلا الجزء الشمالي الغربي منها) ثم نبدأ الترقيم باستخدام أيقونة الرسم مثلما فعلنا في التمرين السابق، ونبدأ في وضع أول نقطة (بالماوس الأيسر) عند موقع أول مدينة في صورة الخريطة ثم النقطة الثانية عند المدينة الثانية .... وهكذا إلي أن نكمل ترقيم جميع النقاط (المدن) لتكون الطبقة في صورتها النهائية:





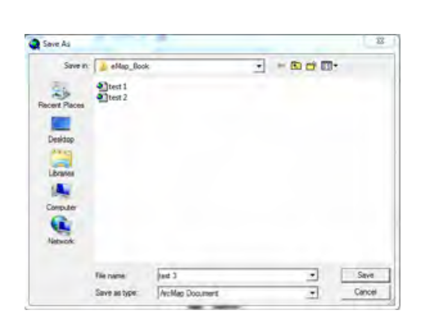
وطبعا في نهاية التمرين يجب علينا عمل خطوتي الحفظ save :

(أ) حفظ التعديل داخل الطبقة ثم إيقاف التعديل:



١		٢

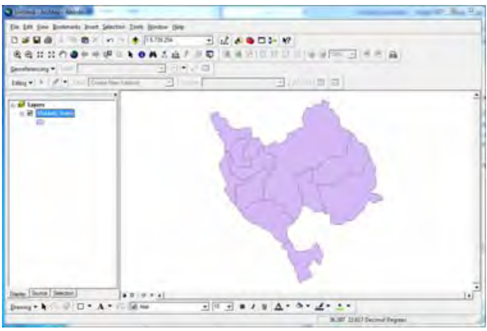
(ب) حفظ المشروع:



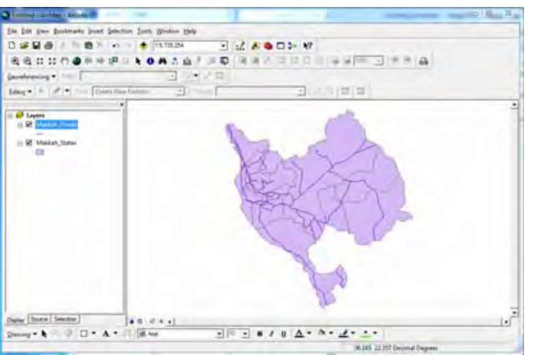
٨-٥ فتح عدة طبقات في مشروع واحد

كل طبقة من الطبقات الثلاثة التي تم إنشاؤهم – حتى الآن في التمارين السابقة – تغطي نفس المنطقة الجغرافية من سطح الأرض (منطقة مكة المكرمة الإدارية) وان كانت كل طبقة تحتوي نوع محدد من المعالم (محافظات و طرق و مدن). طالما أن برنامج Arc Map يعرف الإحداثيات الحقيقية لكل طبقة فيمكنه فتح جميع الطبقات في مشروع واحد.

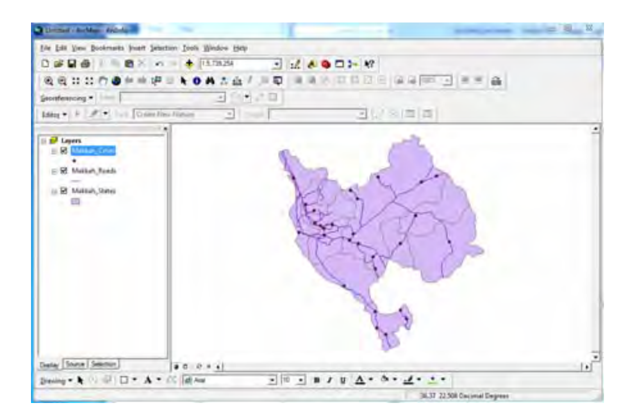
نفتح مشروع جديد ونضيف (باستخدام أيقونة ( ) طبقة المحافظات (الطبقة و ليس صورة الخريطة):



ثم نضيف طبقة الطرق، فنجد أن الطرق (الخطوط) قد وقعت بالضبط فوق المضلعات (المحافظات):



إذا أضفنا طبقة المدن (النقاط) فسنجد أنها قد وقعت بالضبط فوق المضلعات (المحافظات) و الطرق (الخطوط):

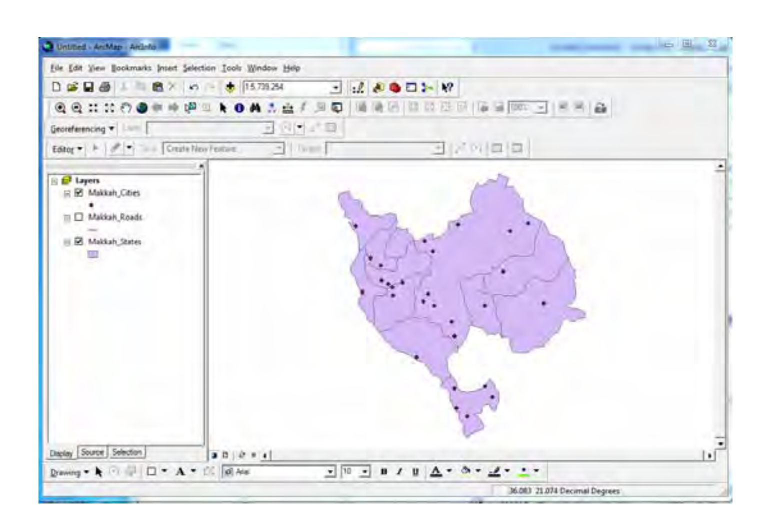


هذه أهم مميزات تقنية الخرائط الرقمية (خرائط الحاسوب) فنحن قد قمنا بإنشاء ٣ ملفات لثلاثة خرائط مختلفة المعالم، إلا أننا نستطيع فتحهم جميعا في مشروع واحد لنحصل علي خريطة رقمية جديدة تضم كل أنواع المعالم الجغرافية لهذه المنطقة. أي يمكننا – الآن – طباعة عدة خرائط جديدة بأي مقياس رسم نريده كالآتي:

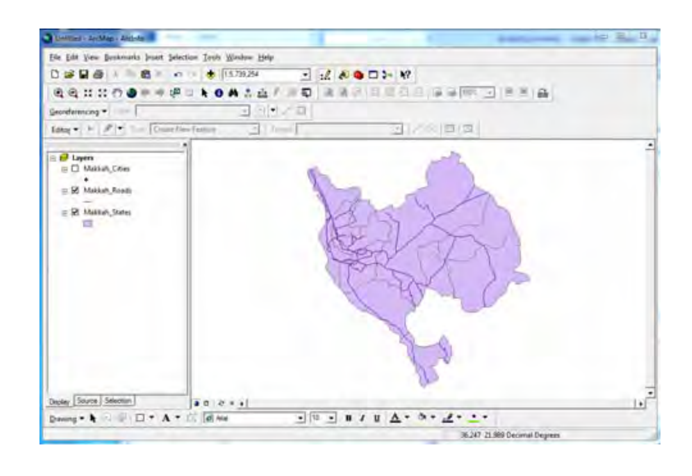
١. خريطة لمحافظات مكة المكرمة
٢. خريطة لطرق مكة المكرمة
٣. خريطة لمدن مكة المكرمة
٤. خريطة لمحافظات و طرق مكة المكرمة
٥. خريطة لمحافظات و مدن مكة المكرمة
٦. خريطة لطرق و مدن مكة المكرمة
٧. خريطة لمحافظات و طرق و مدن مكة المكرمة

ويتم ذلك عن طريق إخفاء أو إظهار الطبقة (أو الطبقات) المطلوب إظهارها علي الخريطة بالتحكم في علامة "صح" الموجودة أمام اسم كل طبقة في قائمة المحتويات (الجزء الأيمن من الشاشة):

إذا أخفينا طبقة الطرق فنحصل علي خريطة تشمل كلا من المحافظات و المدن فقط:



إذا أخفينا طبقة المدن فنحصل علي خريطة تشمل كلا من المحافظات و الطرق فقط:

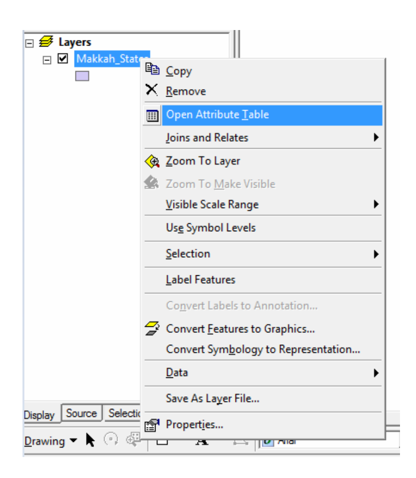


٨-٦ قاعدة البيانات غير المكانية

حتى هذا الجزء من الفصل الحالي فكل ما تناولناه هو البيانات المكانية (الإحداثيات و الموقع) للمعالم الجغرافية. لكن كما سبق الذكر في الجزء النظري من هذا الكتاب فأن الخريطة (مطبوعة كانت أو رقمية) تحمل نوعا آخر من البيانات وهي البيانات غير المكانية للظواهر مثل أسماء الشوارع و الأحياء و المدن ونوع التربة و نوع التكوين الجيولوجي .... الخ. نبدأ الآن في معرفة كيفية التعامل مع البيانات غير المكانية للمعالم الجغرافية في أي طبقة.

يتعامل برنامج Arc Map مع الطبقة (ملف الخريطة الرقمية) بأسلوبين متكاملين: (أ) جزء يتعامل مع البيانات المكانية لمحتويات الطبقة وهو ما نفذناه بالفعل في التمارين السابقة من رسم (ترقيم) للمعالم الجغرافية، (ب) قاعدة بيانات غير مكانية للمعالم الجغرافية للطبقة. عند إنشاء طبقة جديدة (في برنامج Arc Catalogue) فأن الطبقة تتكون من مجموعة من الملفات، ويكون أحد هذه الملفات للطبقة من نوع قواعد البيانات data base وفيه يتم تخزين أي معلومات (بخلاف الإحداثيات) تتعلق بهذه الطبقة. هذا الملف يمكن الوصول إليه و التعديل داخله من خلال ما يعرف باسم **<u>Attribute Table أو جدول البيانات غير المكانية</u>**.

نفتح مشروع جديد و نضيف إليه طبقة محافظات مكة المكرمة، ونضع الماوس علي اسم الطبقة في قائمة المحتويات (الجزء الأيمن من الشاشة) ونضغط الماوس الأيمن ونختار أمر Open Attribute Table لفتح جدول البيانات غير المكانية لهذه الطبقة:



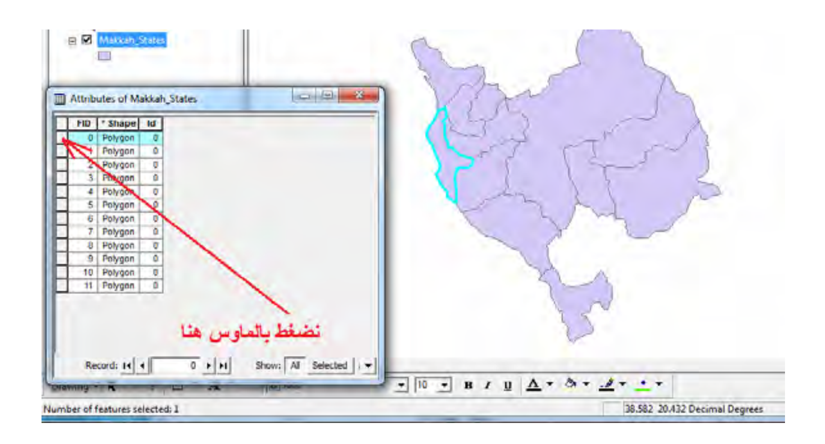
يتم فتح جدول البيانات غير المكانية للطبقة بالشكل التالي:



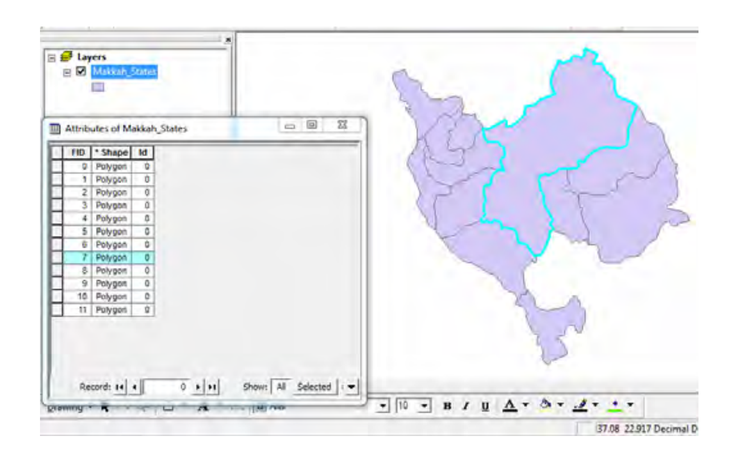
FID	Shape	Id
0	Polygon	0
1	Polygon	0
2	Polygon	0
3	Polygon	0
4	Polygon	0
5	Polygon	0
6	Polygon	0
7	Polygon	0
8	Polygon	0
9	Polygon	0
10	Polygon	0
11	Polygon	0

- عدد سطور الجدول = ١٢ = عدد المضلعات المرسومة في هذه الطبقة (أي عدد المحافظات)
- يوجد ٣ أعمدة في الجدول: FID, Shape, Id ، هذه الأعمدة ينشاها البرنامج عند إنشاء الطبقة و من الأفضل عدم محاولة تغيير محتوي أي عمود منهم.
- توجد أيقونة Options في أسفل يمين نافذة الجدول ومنها يمكن تنفيذ عدد من الأوامر

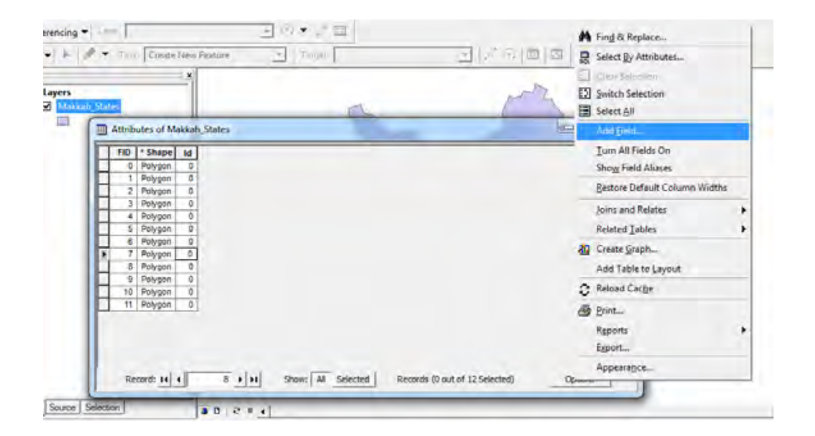
توجد علاقة مباشرة بين كل سطر من سطور جدول البيانات غير المكانية و كل مضلع مرسوم في الطبقة. إذا ضغطنا بالماوس علي المربع الصغير الموجود علي أقصي يسار أي سطر في الجدول فسنجد هذا السطر أصبح مظللا في الجدول (باللون الأزرق) وأيضا وفي نفس الوقت أصبح المضلع المناظر لهذا السطر مظللا في نافذة البيانات:



والعكس صحيح أيضا: إذا اخترنا أي مضلع في نافذة البيانات (باستخدام أيقونة اختيار معلم) فأن هذا المضلع سيتم تظليله بالون الأزرق علي الطبقة وفي نفس اللحظة سيتم تظليل السطر المناظر له في جدول البيانات:

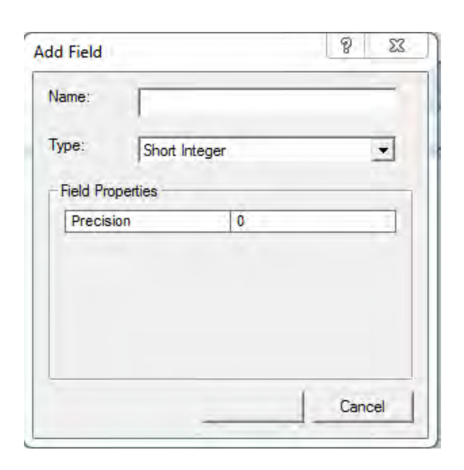


إذن يمكننا إضافة عمود جديد لهذا الجدول و كتابة أية معلومات تتعلق بمضلعات الطبقة. علي سبيل المثال نريد الآن إضافة اسم كل محافظة إلي جدول البيانات غير المكانية حتى يمكننا – لاحقا – عند طباعة الخريطة اظهر أسماء المحافظات عليها. نضغط أيقونة Options من أسفل يمين الجدول ومن القائمة الجديدة نختار أمر "Add Field إضافة عمود":



الآن علينا تحديد ٣ عناصر لإنشاء العمود الجديد:

١. Name أسم العمود
٢. Type نوع العمود
٣. Field Properties خصائص العمود



(أ) اسم العمود:

نختاره بنفس مواصفات و معايير اختيار اسم الطبقة كالآتي:

- لا يفضل استخدام الأحرف العربية.
- لا يزيد الاسم عن ١٣ خانة
- لا يشمل الاسم أي حروف خاصة (مثل النقطة و الشرطة و النجمة والمسافة ..... الخ)
- من الحروف الخاصة يمكن فقط استخدام علامة underscore (علامة الشرطة في أسفل السطر و هي مفتاح – مع الضغط علي مفتاح shift من لوحة مفاتيح الكمبيوتر) في حالة أن اسم العمود يتكون من مقطعين، مثلا: Makkah_city

(ب) نوع العمود:

إذا ضغطنا السهم الأسود الصغير الموجود بجوار Type فنجد نافذة بها ٦ خيارات أو ٦ أنواع للعمود للاختيار منهم:

Add Field
Name:
Type: Short Integer
Short Integer
Long Integer
Float
Double
Text
Date
Field Proper
OK Cancel

كلمة Integer تعني الرقم الصحيح، أي الرقم الذي ليس له أية كسور.

- نوع Short Integer: للأرقام الصحيحة البسيطة التي تتراوح بين -٣٢٨٦٧ و + ٣٢٧٦٧.
- نوع Long Integer: للأرقام الصحيحة الكبيرة التي تتراوح بين -٢١٤٧٤٨٣ و + ٢١٤٧٤٨٣+.
- نوع Float: للأرقام غير الصحيحة (لها كسور عشرية) والتي تتراوح قيمتها بين (– ٣.٤ أس٣٨) و (+١.٢ أس +٣٨).
- نوع Double: للأرقام غير الصحيحة والتي تتراوح قيمتها بين (– ٢.٢ أس ٣٠٨) و (+١.٨ أس +٣٠٨).
- نوع Text: لتخزين النصوص (ليست أرقام).
- نوع Date: لتخزين التواريخ.

إذن لدي **المستخدم المبتدئ** - وبكل بساطة - ٣ اختيارات لنوع العمود:

١. للأرقام الصحيحة بدون كسر: يختار short integer
٢. للأرقام غير الصحيحة التي لها كسور: يختار float
٣. للنص: يختار text

(ج) خصائص العمود:

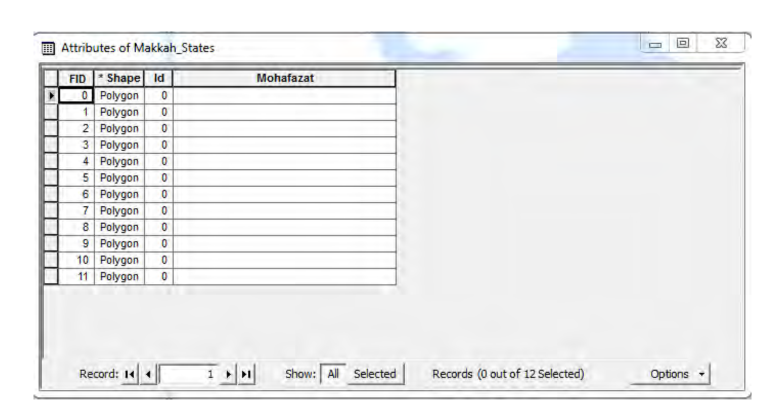
تختلف من نوع لآخر من أنواع الأعمدة كما في الأمثلة التالية.

نعود – مرة أخري – للعمود الجديد الذي نقوم بانشاؤه في طبقة المحافظات. سنختار:

- أسم العمود Name: Mohafazat ، أي كلمة محافظات لكننا كتبناها بالأحرف الانجليزية عوضا عن الكتابة بالحروف العربية غير المرغوب بها في اختيار أسماء الأعمدة، حيث لا يشترط أن نقوم بترجمه كلمة "محافظات" إلي اللغة الانجليزية. ويمكن للقارئ استخدام أي أسم يريده لهذا العمود.
- نوع العمود Type: سنختار Text لأن هذا العمود سنكتب به أسماء المحافظات، أي نصوص و ليست أرقام
- خصائص العمود: Length طول (عدد خانات) العمود المطلوب، سنختار ٣٠ حيث أن أطول أسم لأي محافظة لا يزيد عن ٣٠ خانة



بعد الضغط علي OK سيتم إضافة العمود الجديد لجدول البيانات غير المكانية:



FID	* Shape	Id	Mohafazat
0	Polygon	0	
1	Polygon	0	
2	Polygon	0	
3	Polygon	0	
4	Polygon	0	
5	Polygon	0	
6	Polygon	0	
7	Polygon	0	
8	Polygon	0	
9	Polygon	0	
10	Polygon	0	
11	Polygon	0	

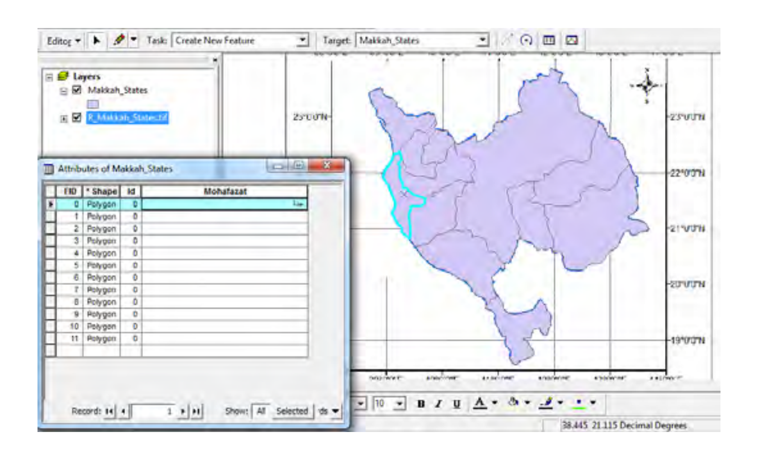
بالطبع فأن العمود الجديد سيكون فارغا (ليس به أية معلومات) وهذا يماثل الوضع عند إنشاء طبقة جديدة حيث ستكون فارغة ثم نقوم نحن بالرسم (التعديل) داخلها. الآن نبدأ في إدخال البيانات غير المكانية (أسماء المحافظات) داخل هذا العمود الجديد في جدول البيانات غير المكانية. بما أن إدخال بيانات مكانية إلي ملف الطبقة كان يستلزم أولا تفعيل التعديل Start Editing فأن إدخال بيانات غير مكانية يتطلب هذه الخطوة أيضا.

من شريط أدوات التعديل من قائمة Editor نختار أمر Start Editing:

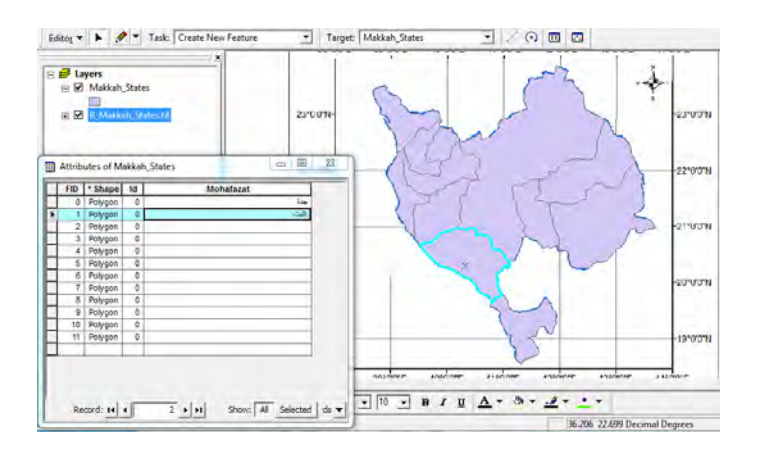


نضيف صورة الخريطة الأصلية (الممسوحة ضوئيا) حتى نعرف منها أسماء المحافظات. نختار أول سطر في جدول البيانات ونعرف المضلع المناظر له علي الطبقة (قد يختلف هذا المضلع من شخص إلي آخر طبقا لترتيب الترقيم الذي قام به كل شخص، فربما بدأ شخص

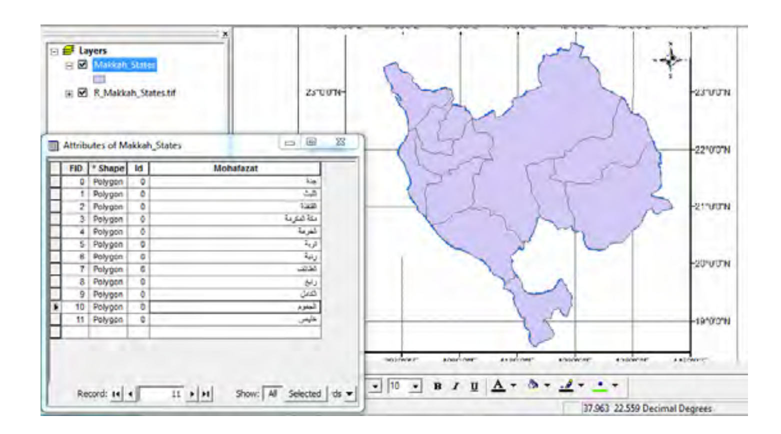
بترقيم مضلع جدة فيكون هو الأول في جدول البيانات بينما قام شخص آخر بترقيم محافظة رابغ فتكون هي السطر الأول من الجدول). إذا لم نكن متأكدين من اسم المحافظة (التي يمثلها هذا المضلع) فيمكننا إخفاء الطبقة (بإلغاء علامة صح أمام أسمها في قائمة المحتويات) لنعرف أسمها بالضبط ثم نقوم بكتابة هذا الاسم في عمود Mohafazat في الجدول (طبع داخل العمود يمكننا استخدام أحرف اللغة العربية دون قيد أو شرط):



والسطر الثاني يكون كالتالي:

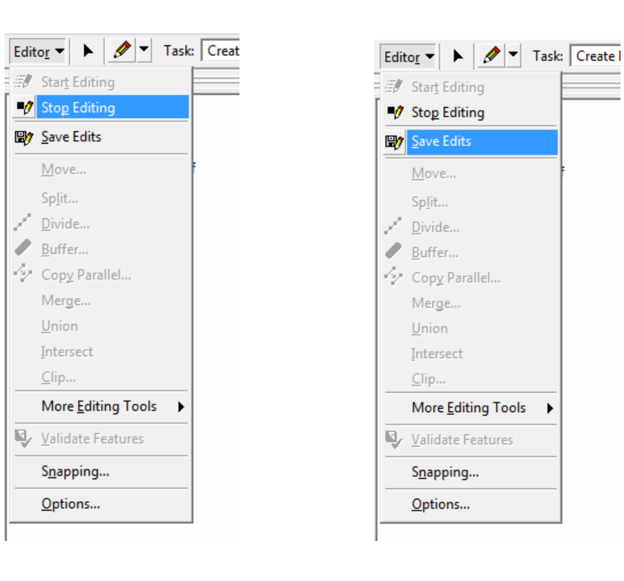


وهكذا حتى نكمل إدخال أسماء جميع المحافظات:



تجدر الإشارة إلي إمكانية استخدام النسخ و اللصق paste , copy لإدخال البيانات من برنامج أخر. مثلا لو لدينا ملف اكسل به أسماء المحافظات فيمكن نسخ copy اسم المحافظة من الإكسل ثم لصق paste في العمود المقابل في جدول البيانات غير المكانية.

بالطبع لا بد من حفظ التعديل ثم إيقاف التعديل:



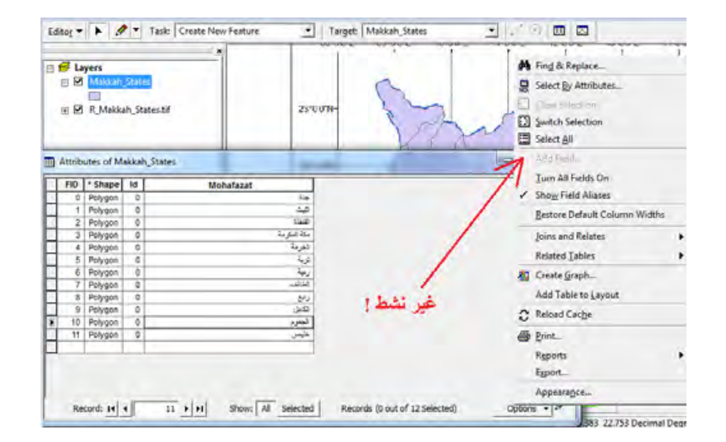
١   ٢

مثال آخر:
مطلوب إدخال البيانات في الجدول التالي (أعداد السكان لمحافظات منطقة مكة المكرمة) إلي جدول البيانات غير المكانية لطبقة المحافظات (قيم غير حقيقية للتدريب فقط):

المحافظة	عدد السكان	المحافظة	عدد السكان
مكة المكرمة	١٣٣٨٣٠٠	الجموم	٧٥٩٠٠
جدة	٢٨٨٣٠٠٠	خليص	٤٩٩٠٠
الطائف	٨٨٥٠٠٠	الكامل	١٨٥٠٠
القنفذة	٢٤٠٩٠٠	الخرمة	٣٩٠٠٠
الليث	١١٠٥٠٠	رنية	٤٤٢٠٠
رابغ	٦٨٩٠٠	تربة	٤٢٨٠٠

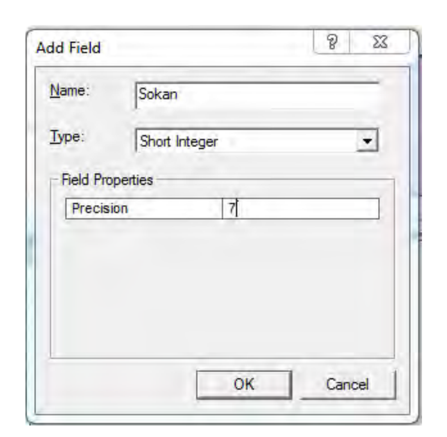
نفعل التعديل Start Editing من قائمة Editor لكي نبدأ إدخال البيانات.

نبدأ من أيقونة Options في جدول البيانات لنختار أمر Add Field لإضافة عمود جديد، لكننا نفاجأ أن هذا الأمر غير نشط أو غير فعال Not Active :

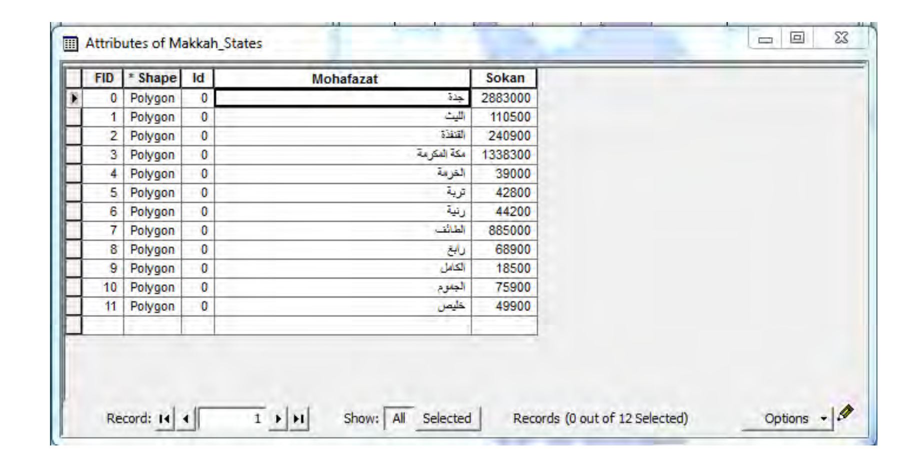


السبب أننا مازلنا في طور التعديل، وأثناء التعديل لا يمكن إضافة عمود جديد. إذن علينا إيقاف التعديل Stop Editing أولا ثم نجرب مرة أخري أمر إضافة عمود Add Field فنجده أصبح نشطا.

نختار أسم العمود Name مثلا: Sokan (أو أي اسم أخر يختاره القارئ) ونختار نوع العمود Short Integer بما أن هذا العمود سيحتوي أعداد السكان وهي بالطبع أرقام صحيحة بدون كسر، ونختار Precision عدد خانات العمود الجديد = ٧ لأن من الجدول السابق نجد أن أكبر عدد سكان لا يتجاوز السبعة خانات.



نضغط OK لإضافة العمود الجديد. ثم نبدأ التعديل Start Editing ونبدأ في إدخال بيانات أعداد السكان لكل محافظة في السطر المناظر لها. طبعا الوضع الآن أسهل من المثال السابق لأن لدينا عمود يحتوي أسماء المحافظات وبالتالي من السهل إدخال عدد سكان كل محافظة منهم:



Attributes of Makkah_States

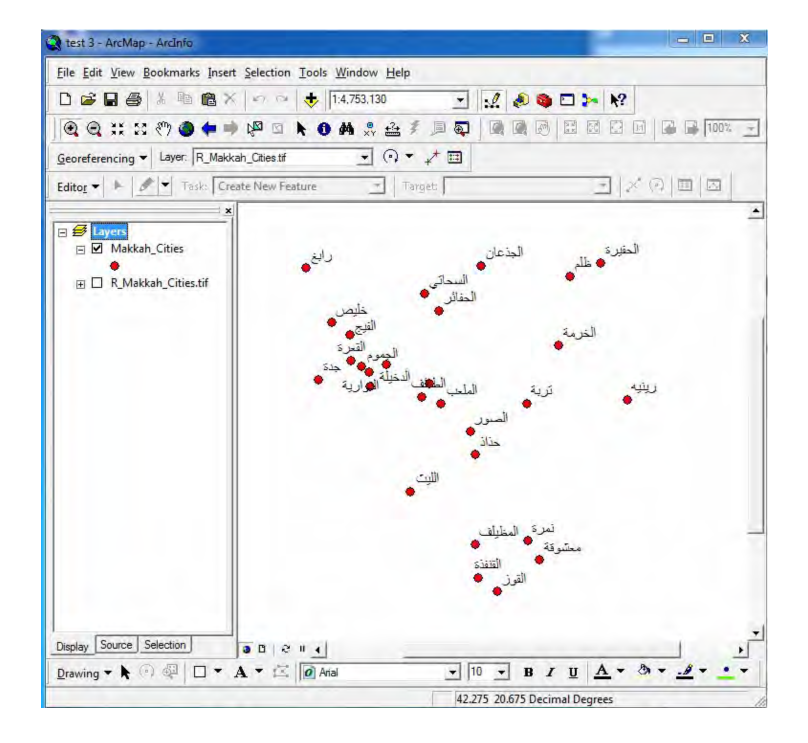
FID	* Shape	Id	Mohafazat	Sokan
0	Polygon	0	جدة	2883000
1	Polygon	0	الليث	110500
2	Polygon	0	القنفذة	240900
3	Polygon	0	مكة المكرمة	1338300
4	Polygon	0	الخرمة	39000
5	Polygon	0	تربة	42800
6	Polygon	0	رنية	44200
7	Polygon	0	الطائف	885000
8	Polygon	0	رابغ	68900
9	Polygon	0	الكامل	18500
10	Polygon	0	الجموم	75900
11	Polygon	0	خليص	49900

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

ثم نحفظ التعديل Save Edits و نوقف التعديل Stop Editing كالمعتاد.

وفي النهاية نحفظ المشروع نفسه من أيقونة .

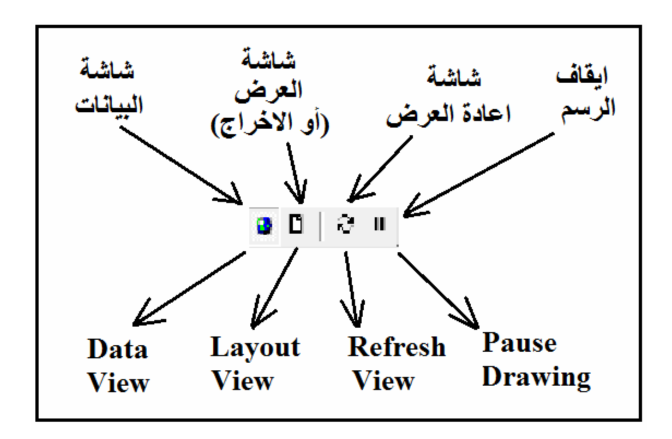
بنفس الطريقة يمكن إضافة عمود جديد و إدخال أسماء المدن في طبقة النقاط:



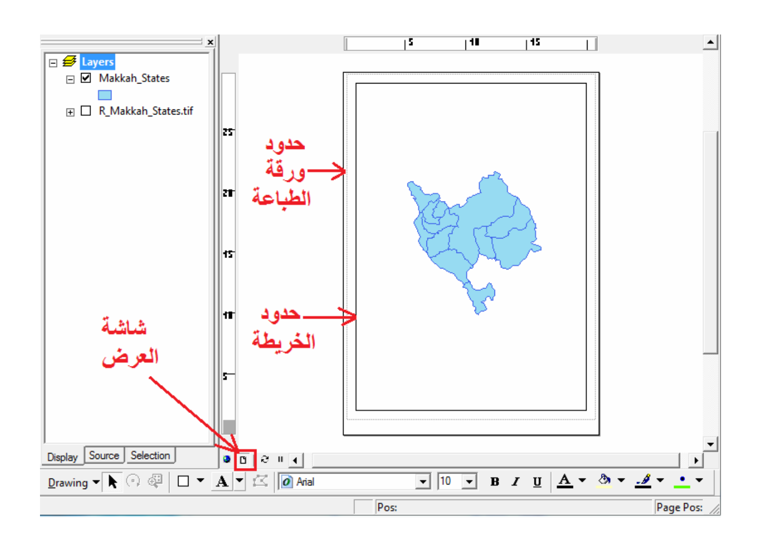
٨-٧ إخراج الخريطة

أكملنا حتى الآن كافة خطوات إنشاء ملفات الخرائط الرقمية (الطبقات) سواء من حيث البيانات المكانية والبيانات غير المكانية. لكن لطباعة الخرائط علي الورق يلزمنا إضافة أساسياتها التي تجعل القارئ يستفيد منها بصورة علمية سليمة.

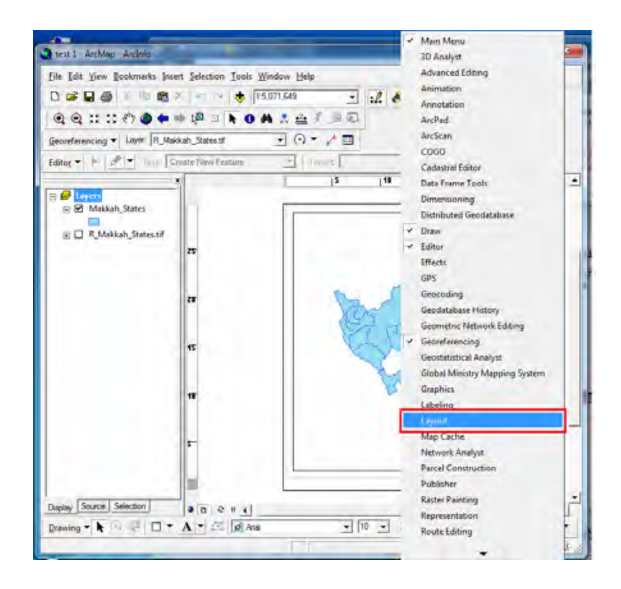
بالتدقيق في الجزء الأيسر الأسفل من شاشة برنامج Arc Map نجد بعض الأيقونات التي لم نستخدمها حتى الآن:



في التمارين السابقة كنا داخل شاشة البيانات حيث قمنا بترقيم (رسم) المعالم المكانية في كل طبقة. الآن سنضغط أيقونة شاشة العرض أو الإخراج لنري الخريطة كما لو كنا سنطبعها علي قطعة من الورق:



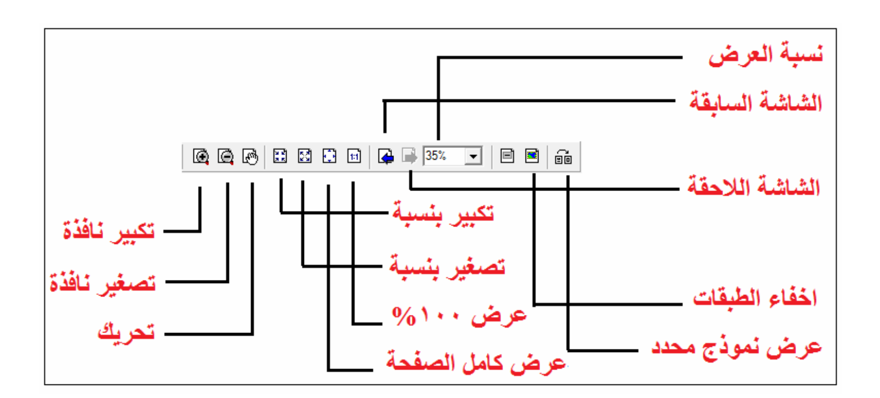
أيضا يوجد شريط أدوات خاص بشاشة العرض و أسمه Layout فان لم يكن نشطا علي الشاشة فيمكننا تنشيطه بالطريقة المعتادة بأن نضغط الماوس الأيمن في أي جزء (رصاصي) من منطقة شرائط الأدوات بأعلى البرنامج ومن القائمة المنسدلة نختار هذا الشريط:



فيظهر شريط أدوات شاشة العرض:



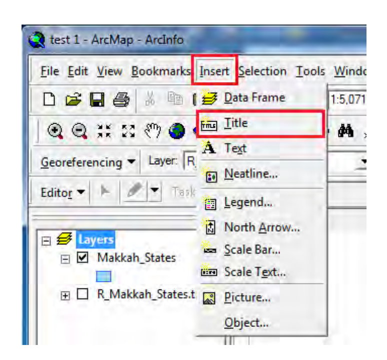
تقريبا فأن أيقونات الشريط تماثل نفس وظائف أيقونات شاشة البيانات لكنها تعمل فقط علي شاشة عرض البيانات فتكبرها أو تصغرها ..... الخ. أي أن أيقونات هذا الشريط لن تكون نشطه في شاشة البيانات لأنها خاصة فقط بشاشة العرض.



قبل شرح تفاصيل الإخراج النهائي للخريطة يجب مراجعة الجزء النظري من هذا الكتاب لمعرفة كيفية إخراج الخريطة في صورة كارتوجرافية سليمة تجعل تفسيرها يتم بسهولة، فعلم الخرائط أو علم الكارتوجرافيا هو **علم و فن** في نفس الوقت.

٨-٧-١ إضافة عنوان الخريطة

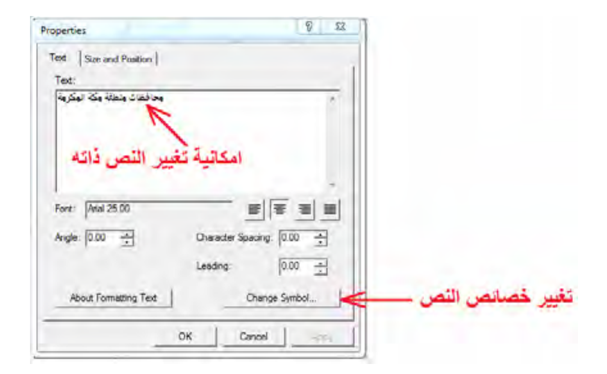
من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة **"إدراج Insert"** ومنها نختار أمر **"Title عنوان"**:



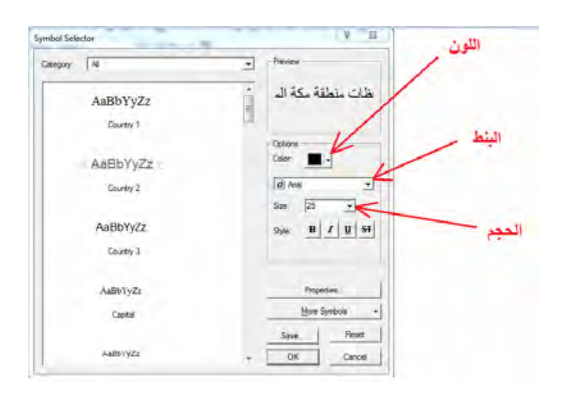
فيظهر لنا مربع حواري في شاشة العرض فنكتب داخله عنوان الخريطة المطلوب، وليكن مثلا: محافظات منطقة مكة المكرمة:



بالماوس نحرك العنوان لنضعه في مكان مناسب علي الخريطة، مثلا منتصف أعلي الخريطة. أيضا يمكننا تغيير حجم و لون نص العنوان من خلال اختياره أولا بالماوس (يصبح مظللا) ثم الضغط مرتين متتاليتين:

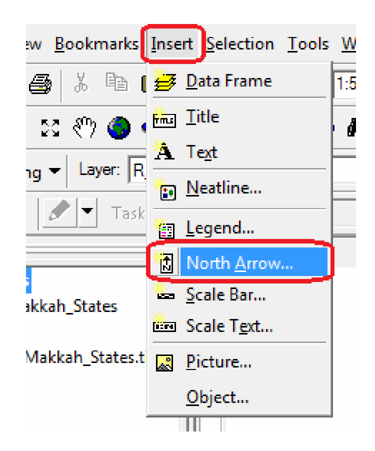


نضغط أيقونة Change Symbol لتغيير حجم و لون العنوان:

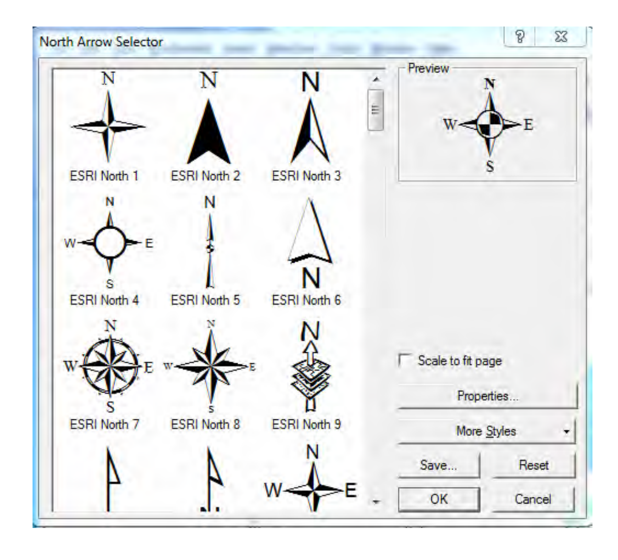


٨-٧-٢ إضافة اتجاه الشمال للخريطة

من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة **"Insert إدراج"** ومنها نختار أمر **" North Arrow سهم الشمال"**:



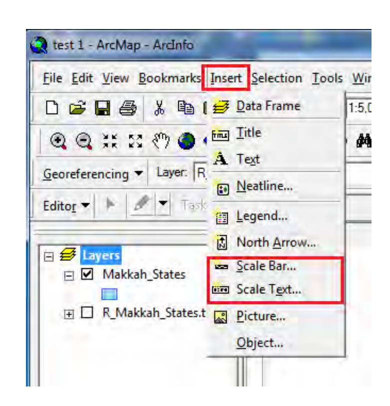
فتظهر قائمة بها العديد من أنماط و أشكال سهم الشمال فنختار منها:



وعند الضغط علي OK يظهر السهم علي الخريطة فنقوم بتحريكه للمكان المطلوب.

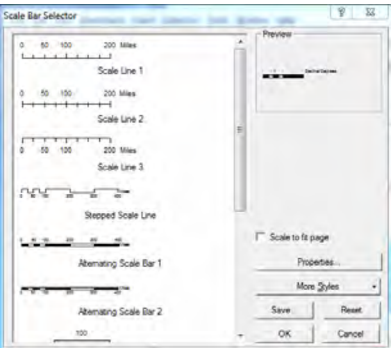
٨-٧-٣ إضافة مقياس رسم الخريطة

من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة **"إدراج Insert"** ومنها نختار أمر **" Scale Bar مقياس رسم خطي"**، أو أمر **" Scale Text مقياس رسم كتابي"** (أرجع للجزء النظري للفرق بينهما):

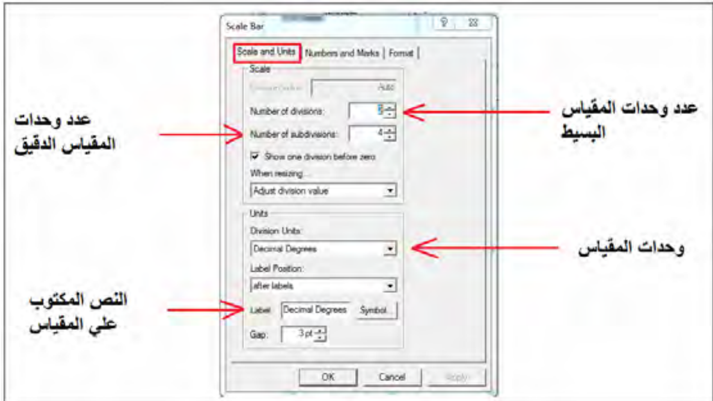


من المهم ملاحظة أنه إن لم تكن صورة الخريطة الأصلية قد تم إرجاعها جغرافيا بالفعل فأن مقياس الرسم سيكون خطأ، فالبرنامج لن يعرف حدود الخريطة و موقعها الجغرافي إلا بعد إتمام عملية الإرجاع ومن ثم فسيكون قادرا علي عمل مقياس رسم صحيح.

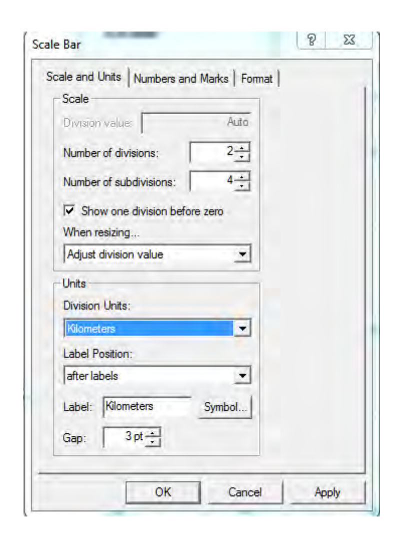
في حالة اختيار مقياس الرسم الخطي Scale Bar تظهر نافذة بها عدة أنماط من مقاييس الرسم فنختار منها النمط المطلوب:



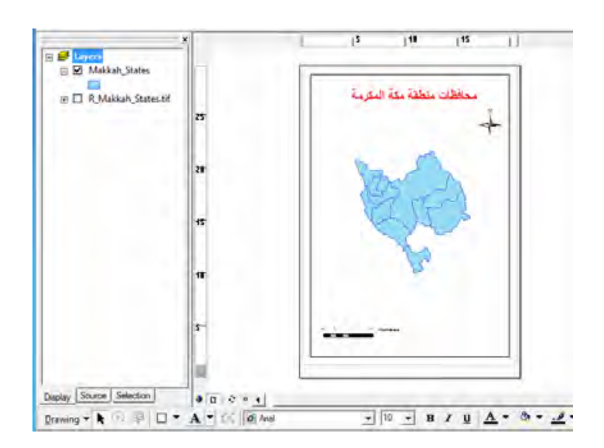
إذا ضغطنا أيقونة Properties فنستطيع تغيير خصائص هذا المقياس:



إذا أردنا تغيير وحدات المقياس (من درجات) إلي أي وحدة أخري فنفتح السهم الصغير بجوار Division Units فنجد عدة اختيارات منها: كيلومتر، متر، سنتيمتر، قدم، بوصة، يارده، ميل، ميل بحري. مثلا نختار وحدات الكيلومتر:

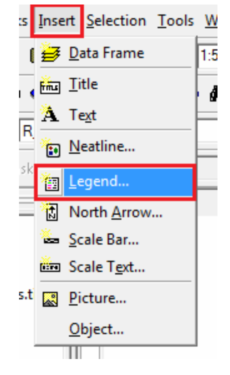


ثم نضغط OK فنعود للشاشة السابقة ونضغط OK أيضا فيظهر المقياس علي الخريطة فنحركه (بالماوس) للمكان المطلوب.

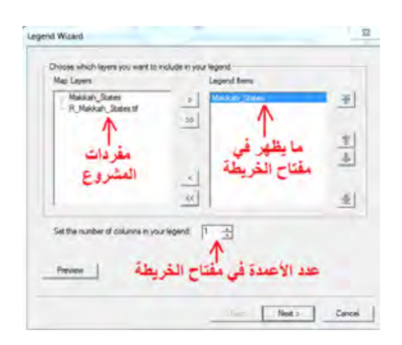


٨-٧-٤ إضافة مفتاح الخريطة

من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة **"إدراج Insert"** ومنها نختار أمر **"Legend مفتاح خريطة"**:



تتكون الشاشة من جزأين: الأيسر به كافة أسماء مفردات المشروع من طبقات و صور ...الخ بينما الجزء الأيمن يعرض مفردات ما سيظهر في مفتاح الخريطة. في المثال الحالي يوجد بالمشروع طبقة و صورة وبالتالي فأن ما سيظهر في المفتاح هو الطبقة فقط، لكن إذا أردنا إضافة الصورة لتظهر أيضا في مفتاح الخريطة فنظللها (بالماوس) ثم نضغط السهم لليمين >
أما إذا أردنا عدم إظهار الطبقة في المفتاح فنظللها (بالماوس) ثم نضغط السهم لليسار <



ثم نضغط Next التالي فتظهر الشاشة التالية التي تضم "عنوان مفتاح الخريطة" أو كلمة Legend وخصائص إظهار هذا العنوان من لون و بنط و حجم. بعض المستخدمين المبتدئين يتركون كلمة Legend كما هي لتظهر في مفتاح الخريطة ! و هذا خطأ كبير، فإما أن نغير هذه الكلمة بأي عنوان آخر نراه مناسبا للمفتاح أو نحذفها تماما أن لم نكن نريد وضع عنوان لمفتاح الخريطة:



في المثال الحالي سنقوم بحذف هذه الكلمة (لن نضع عنوان لمفتاح الخريطة) ثم نضغط Next التالي، فتظهر نافذة لخصائص إطار مفتاح الخريطة فيمكن تغيير سمك الإطار من السهم بجوار كلمة Border كما يمكن تغيير لون خلفية مفتاح الخريطة من السهم بجوار كلمة Background وأيضا تغيير ظلال المفتاح من السهم بجوار كلمة Drop Shadow:



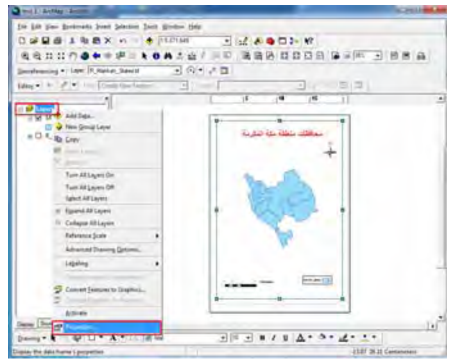
نضغط Next وكذلك Next مرة أخري في الشاشة التالية ثم نضغط Finish في الشاشة الثالثة ليتم إضافة مفتاح الخريطة فنحركه للمكان المطلوب علي الخريطة:



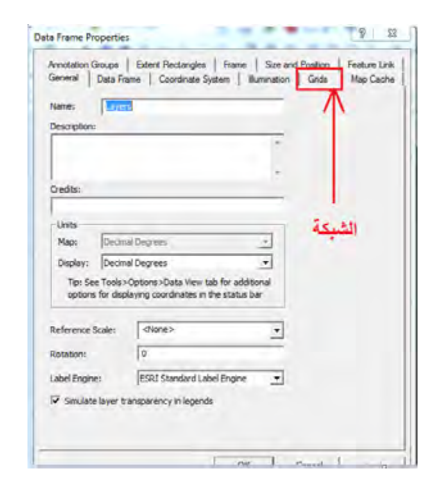
نلاحظ أن مفتاح الخريطة لا يحتوي إلا علي رمز واحد (مستطيل أزرق) حيث أن كل المحافظات في المشروع أو التمرين الحالي تظهر جميعها بنفس اللون (لم نصنفها حتى الآن)، أما النص المكتوب أمام هذا المستطيل في مفتاح الخريطة فهو كلمة Makkah_States و هو يمثل أسم الطبقة نفسها (سنغيره فيما بعد).

٨-٧-٥ إضافة شبكة إحداثيات الخريطة

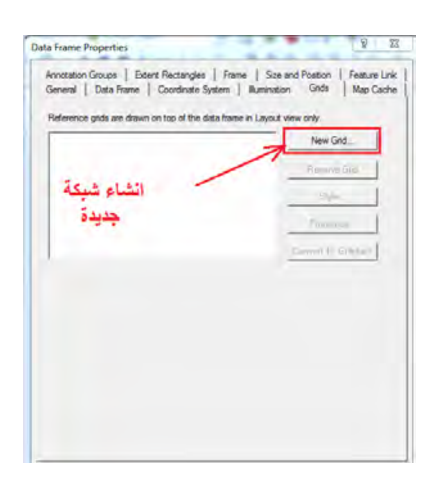
شبكة الإحداثيات هي العنصر الوحيد من أساسيات الخريطة الذي لا يتم إضافته من قائمة إدراج Insert، لكن له طريقة خاصة. في قائمة المحتويات (الجزء الأيسر من الشاشة) توجد كلمة Layers بجوار علامة صفراء، نضغط بالماوس الأيمن علي هذه الكلمة ثم نختار خصائص **Properties**:



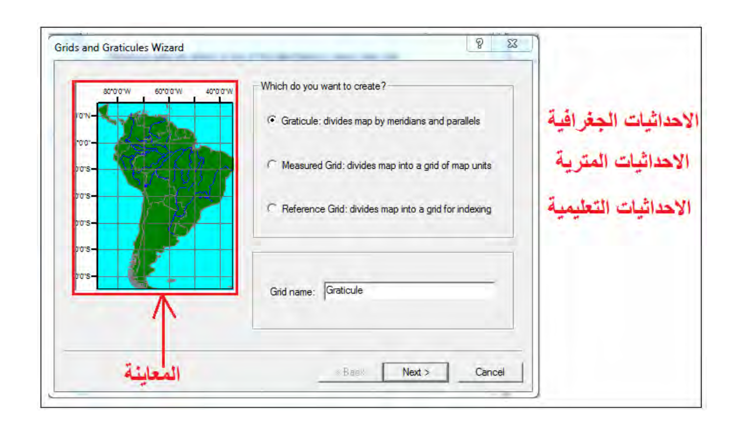
من النافذة الجديدة ندخل علي أيقونة **Grid** أي شبكة الإحداثيات:



نجد الأيقونة الوحيدة النشطة هي أيقونة **New** أي شبكة جديدة:



نجد الآن ٣ اختيارات أو ٣ أنواع من شبكة الإحداثيات: نوع Graticule للإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض)، نوع Measured Grid للإحداثيات المترية (مثل إحداثيات UTM)، الإحداثيات التعليمية أو السياحية (أرجع للجزء النظري من هذا الكتاب لتفاصيل كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة). إذا اخترنا أي نوع سيتم عرض نموذج له في جزء المعاينة علي يمين النافذة. حيث أن المشروع الحالي (محافظات مكة المكرمة) تم تنفيذه من الأساس بإحداثيات جغرافية فسنختار شبكة الإحداثيات من نوع Graticule ثم نضغط Next أو التالي:



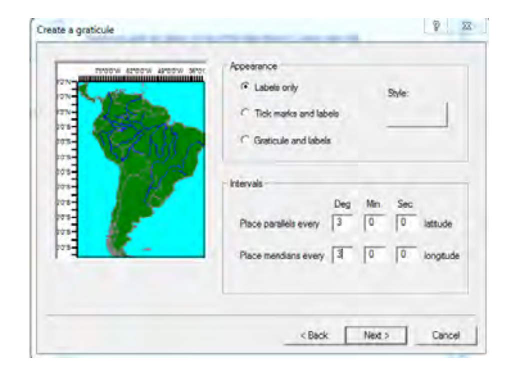
في الجزء العلوي نختار كيفية رسم الشبكة علي الخريطة:

- شبكة خارجية علي أطراف الخريطة فقط Labels only
- شبكة خارجية بالإضافة لوضع علامات التقاطعات داخل الخريطة Tick marks and labels
- شبكة كاملة تظهر علي كل الخريطة Graticule and labels.

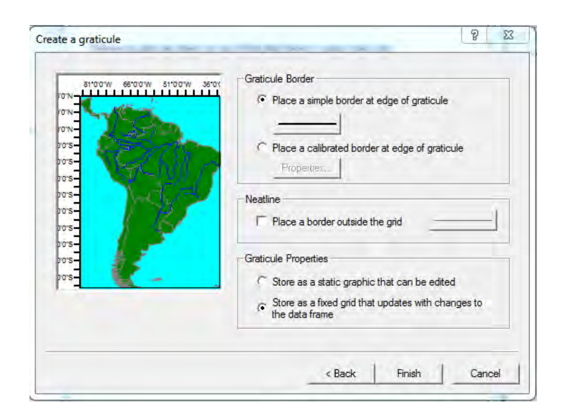
أما في الجزء الأسفل من النافذة فنحدد الفترة (بين خطوط الطول و دوائر العرض) المطلوبة لرسم شبكة الإحداثيات:



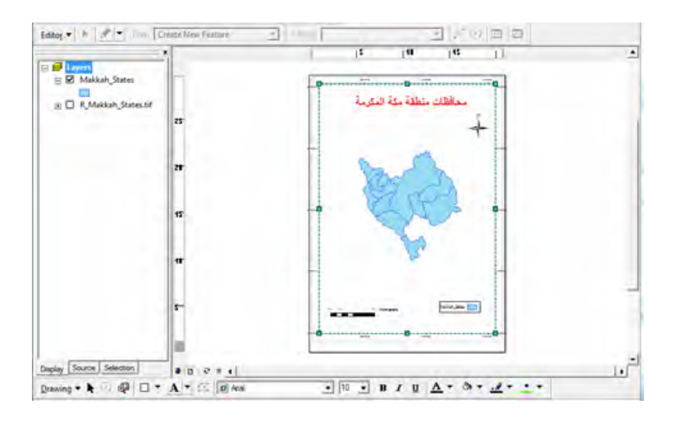
مثلا – في التمرين الحالي - سنختار نوع الشبكة الخارجية وسنحدد ٣ درجات كفترة لإظهار الشبكة في كلا من خطوط الطول و دوائر العرض:



نضغط Next فننتقل لشاشة تحديد العلامات الفرعية لشبكة الإحداثيات (بخلاف العلامات الرئيسية لها). أضغط Next مباشرة:



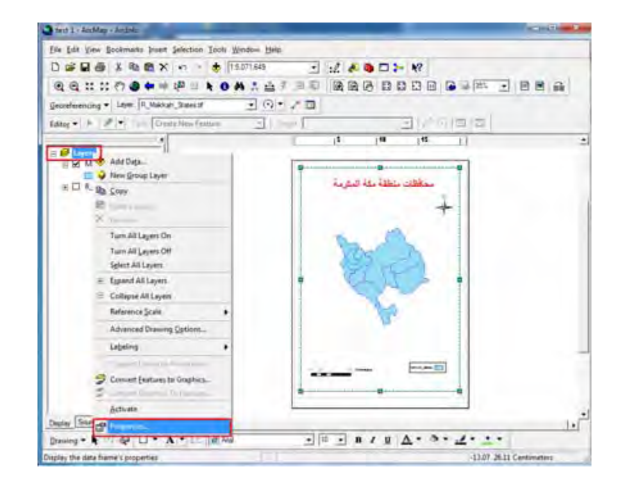
الآن نضغط Finish للانتهاء من تحديد خصائص شبكة الإحداثيات المطلوبة، ثم نضغط OK في النافذة التالية فتظهر شبكة الإحداثيات علي الخريطة:



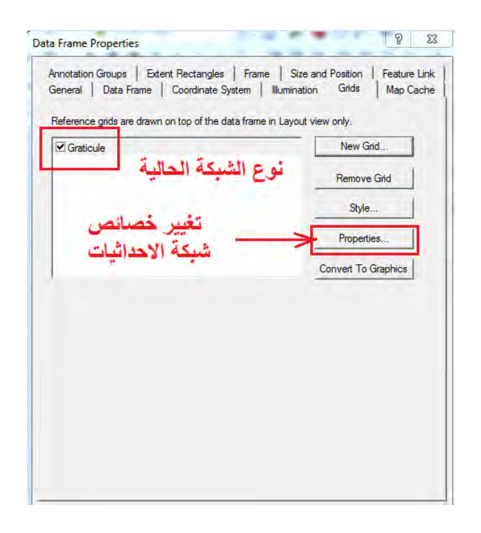
نستخدم أيقونة التكبير (من شريط أدوات شاشة العرض وليس من شريطك أدوات شاشة البيانات) لتكبير الجزء العلوي الأيمن من الخريطة:



فنلاحظ أن بنط كتابة إحداثيات الشبكة صغير لحد ما ومن الأفضل تكبيره حتى يكون واضحا علي الخريطة عند طباعتها. لتغيير أي خصائص من خصائص شبكة الإحداثيات نعود مرة أخري إلي كلمة Layers في قائمة المحتويات و فوقها تماما نضغط الماوس الأيمن و نختار أمر Properties:

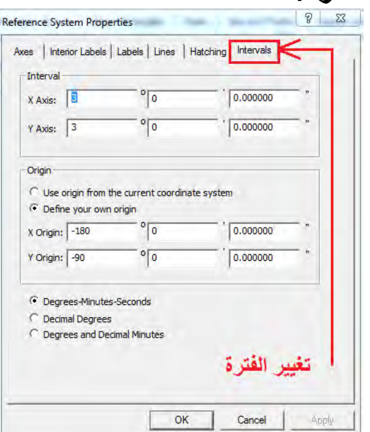


سنجد الآن أن هناك فعلا شبكة إحداثيات من نوع Graticule ومن أيقونة **Properties** يمكننا تغيير أي خاصية من خصائص هذه الشبكة:



في النافذة الجديدة عدة اختيارات:

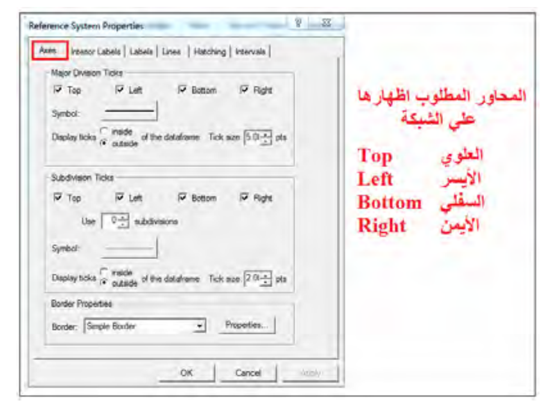
(أ) تغيير خصائص فترة الشبكة (القيمة بين كل خطين طول أو دائرتي عرض علي الشبكة) من خلال أمر **Intervals** أو **الفترة**:



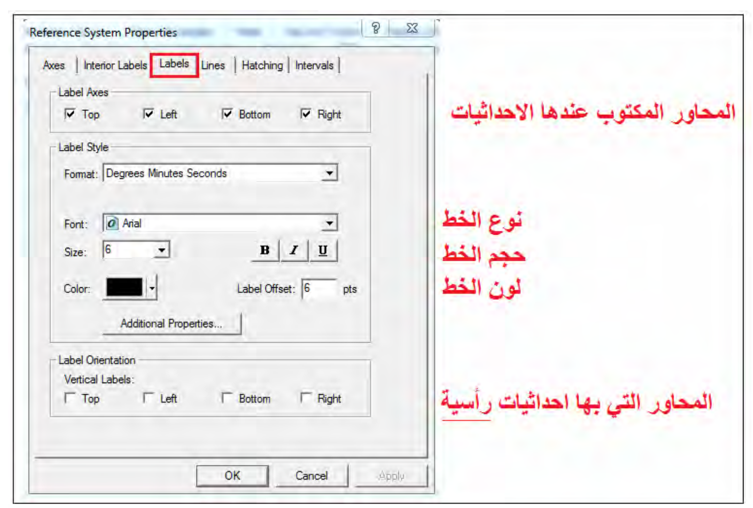
(ب) تغيير خصائص عرض الشبكة (إطار خارجي أم شبكة كاملة) من خلال أمر **Lines** أو **الخطوط**:



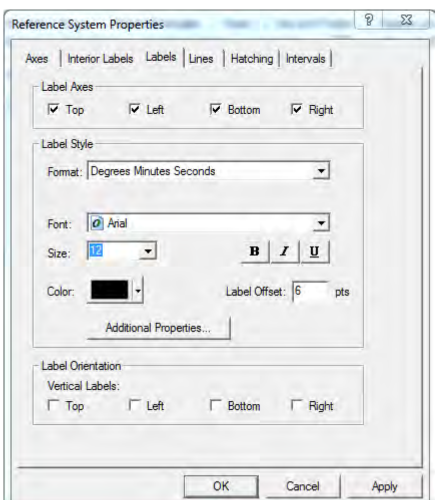
(ج) تغيير خصائص محاور الشبكة (كيفية إظهار الإحداثيات) من خلال أمر **Axes** أو **المحاور**:



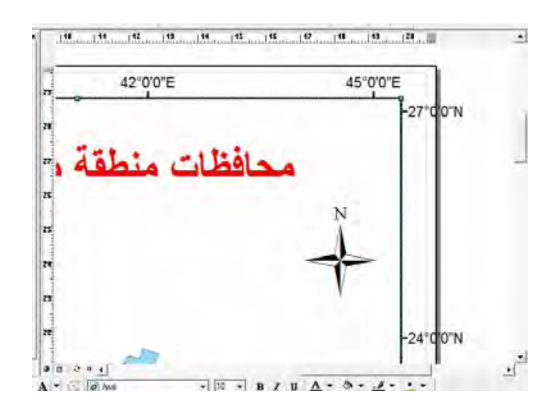
(د) تغيير خصائص كتابة محاور الشبكة (اللون و الحجم و البنط) من خلال أمر **Labels** أو **العنوان**:



هذه هي الشاشة التي نريدها الآن لكي نكبر حجم عناوين شبكة الإحداثيات، في خانة Size نختار الحجم ١٢ بدلا من ٦:

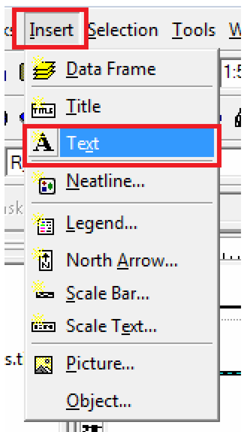


ثم نضغط OK ونعود للنافذة الأصلية فنضغط OK مرة أخري، فنجد حجم كتابة الإحداثيات علي الشبكة قد تغير:



٨-٧-٦ إضافة معلومات مسقط الخريطة

لم يتبق من أساسيات الخريطة إلا ذكر المسقط المستخدم بها. من الخريطة الأصلية المطبوعة (الممسوحة ضوئيا scanned) التي بدأنا بها هذه التمارين فنحن نعرف أن مسقط هذه الخريطة الأساسية هو المرجع الوطني السعودي "عين العبد ١٩٧٠". علينا إضافة هذه المعلومة للخريطة الحالية قبل طباعتها. يتم ذلك من خلال إضافة نص Text من أمر إدراج Insert من قائمة البرنامج الرئيسية:

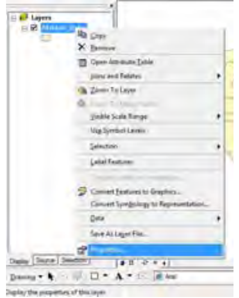


يظهر مربع حواري (مثل مربع عنوان الخريطة) نكتب داخله جملة "المرجع الأفقي: عين العبد ١٩٧٠"، ثم نحركه للمكان المطلوب علي الخريطة.

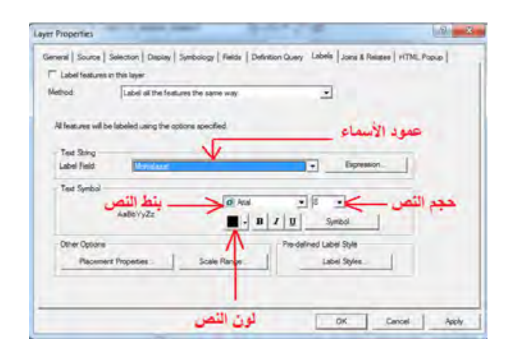
بذلك تكون الخريطة – الآن – تشمل جميع أساسياتها المطلوبة:



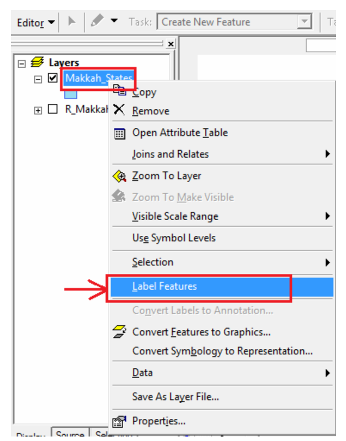
لإظهار اسم كل محافظة علي الخريطة لفتح خصائص هذه الطبقة توجد طريقتان: (١) الضغط مرتين متتاليتين (دوبل كليك) علي اسم الطبقة، أو (٢) الضغط بالماوس الأيمن علي أسم الطبقة واختيار أمر Properties:



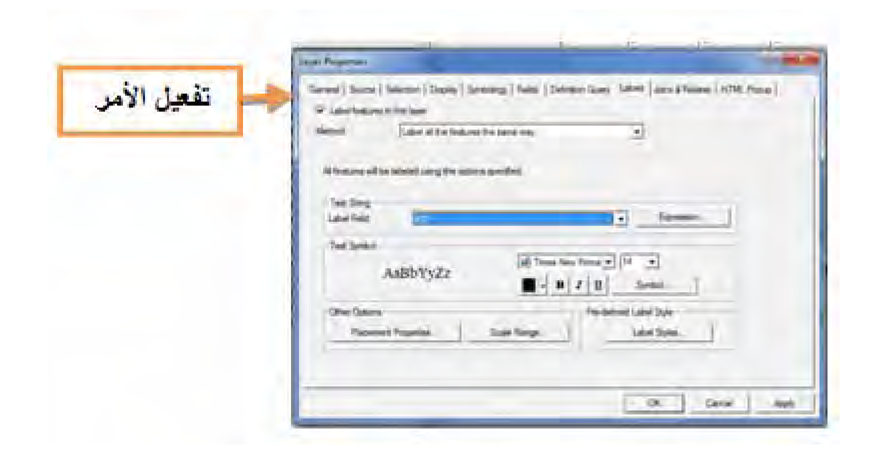
في نافذة خصائص الطبقة نضغط أيقونة الأسماء **Labels** من الأيقونات الموجودة بالسطر الأعلى، ونضغط السهم الأسود الصغير بجوار كلمة Text String أي النص المطلوب إظهاره ونختار عمود Mohafazat وهو العمود الموجود به أسماء المحافظات ونحدد أيضا نوع البنط المطلوب و حجم النص و كذلك لونه ثم نضغط Ok:



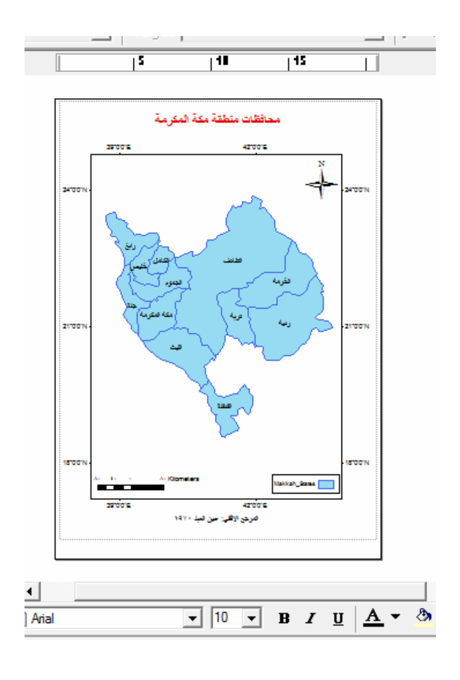
فإذا نظرنا الآن للخريطة فلن نجد أسماء المحافظات قد ظهرت بعد، لأننا نحتاج تفعيل أمر Label Features أو إظهار الأسماء من القائمة المنسدلة عندما نضغط بالماوس الأيمن علي أسم الطبقة:



أما الطريقة الأسهل لإظهار الأسماء علي الخريطة فهي تفعيل أمر الإظهار الموجود (بوضع علامة صح) في نافذة الأسماء ذاتها:



يتبقـي هنـا **<u>الفـن الكـارتوجرافي</u>** لإخـراج الخريطـة فـي صـورة جميلـة سـهلة القـراءة و التفسير وخاصـة ترتيـب عناصـر الخريطـة وإظهـار المحتوي الجغرافـي لهـا بـصورة واضـحة للقارئ. كمثال فقط يمكن تعديل الخريطة ليصبح شكلها النهائي كالتالي:



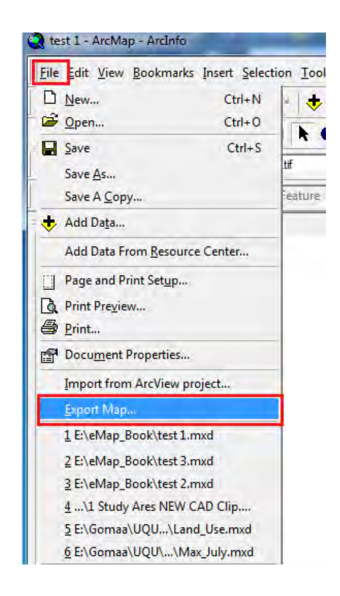
قبل طباعة الخريطة فعلا يمكن معاينتها باستخدام أمر Print Preview من قائمة File في شريط الأدوات الرئيسي للبرنامج:



فنري الخريطة كاملة في حدود ورقة الطباعة:

فان كان لدينا طابعة printer متصلة مباشرة بالكمبيوتر الحالي فيمكننا طباعة الخريطة من أمر Print في قائمة File.

إما إن لم يكن متوافرا جهاز طباعة أو في حالة أننا نريد وضع الخريطة داخل تقرير أو بحث مثلا فالحل يكون في تصدير الخريطة Export Map إلي صورة:



نحدد اسم الصورة و مجلد تخزينها علي الكمبيوتر و أيضا الصيغة (الامتداد) المطلوبة لها:



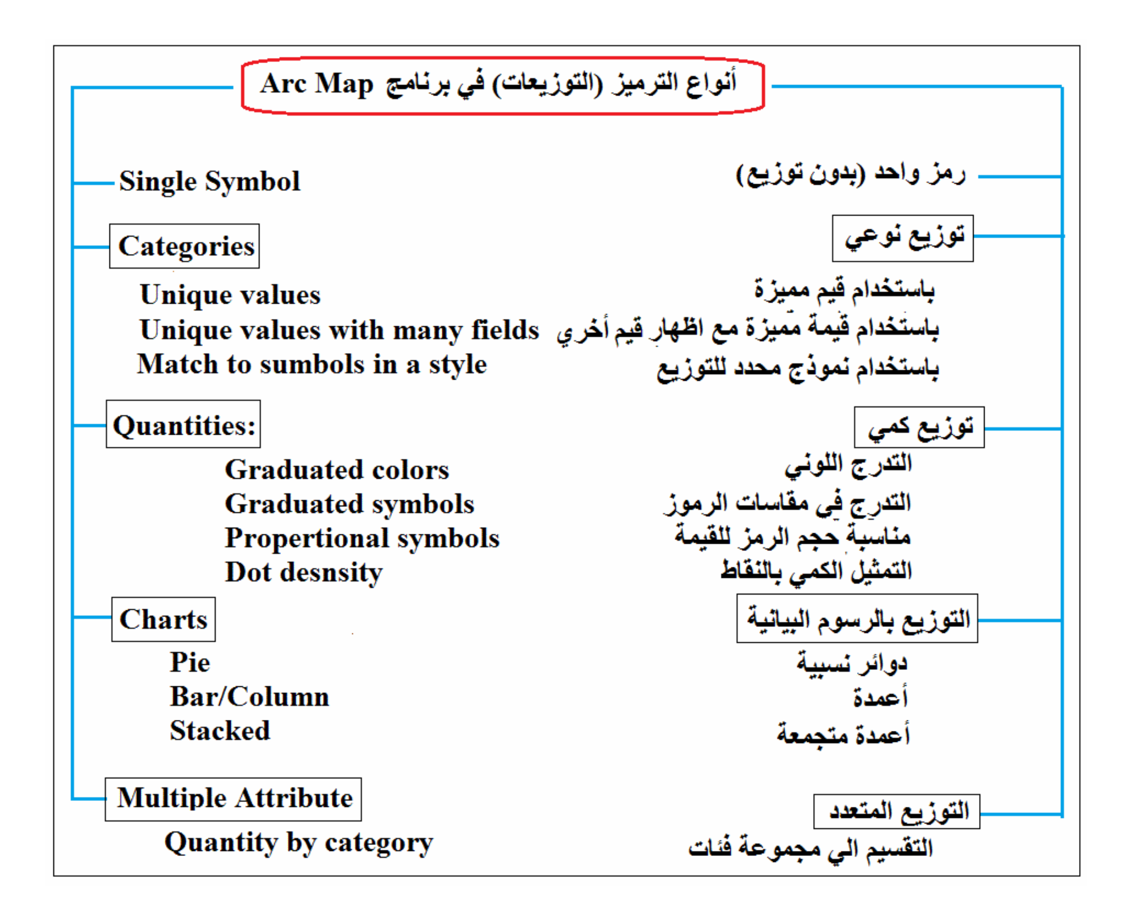
ثم نضغط Save.

الفصل التاسع

الخرائط الموضوعية ببرنامج Arc GIS

الخريطة الموضوعية Thematic Map أو الخريطة الخاصة هي خريطة تهتم بإبراز نوع و توزيع ظاهرة جغرافية واحدة (أي للخريطة موضوع أساسي واحد ومن هنا جاء اسم الخريطة الموضوعية)، سواء كان التوزيع أو التصنيف لنوع الظاهرة فقط (التوزيع النوعي) أو لنوع و قيمة الظاهرة (التوزيع الكمي). تعد طرق استخدام الرموز (أو الترميز) sumbology أهم الجوانب الفنية لإعداد الخريطة الموضوعية (تسمي أيضا خرائط التوزيعات).

يقدم برنامج Arc GIS عدة طرق مختلفة للترميز (ومن ثم إنشاء خرائط التوزيعات) سواء الترميز النوعي (الفئوي) أو الكمي أو باستخدام الرسوم البيانية. وفي هذا الفصل سنقوم بعدة تمرينات لإنشاء خرائط التوزيعات باستخدام الطبقات الثلاثة التي تم إنشاؤهم في الفصل السابق.



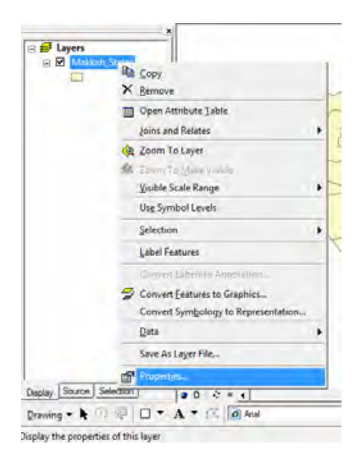
شكل (٩-١) طرق الترميز في برنامج Arc GIS

٩-١ الترميز النوعي

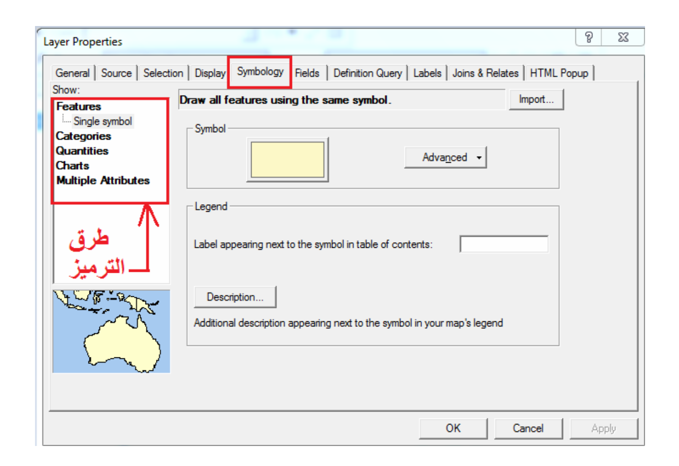
توجد ثلاثة أنواع من طرق الترميز النوعي: باستخدام قيمة مميزة، باستخدام قيمة مميزة مع إظهار قيم أخري، باستخدام نماذج ترميز معينة. وفي كل نوع يمكننا استخدام الألوان أو الاكتفاء باللون الأسود مع تغيير نوع الرمز ذاته.

٩-١-١ الترميز النوعي باستخدام قيمة مميزة

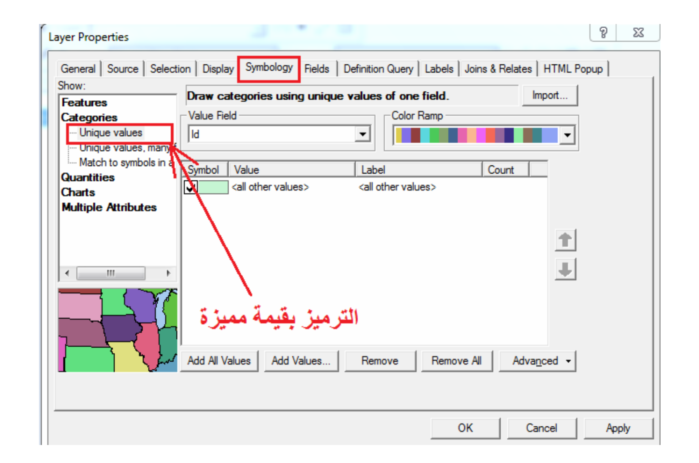
نفتح مشروع جديد و نضيف طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة. نلاحظ أن جميع المحافظات (المضلعات) مرسومة بنفس اللون، أي لا يوجد تمييز (ترميز) خاص لكل محافظة. لفتح خصائص هذه الطبقة توجد طريقتان: (١) الضغط مرتين متتاليتين (دوبل كليك) علي اسم الطبقة، أو (٢) الضغط بالماوس الأيمن علي أسم الطبقة واختيار أمر Properties:



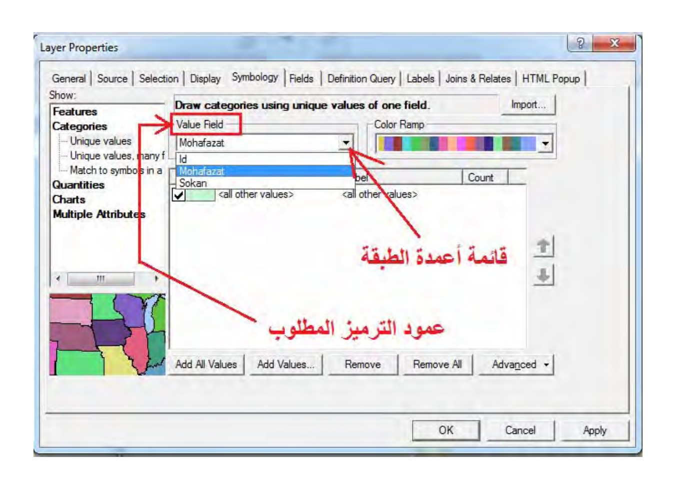
في نافذة خصائص الطبقة نضغط أيقونة الترميز **Sumbology** من الأيقونات الموجودة بالسطر الأعلى. نجد جميع أنواع التميز المتاحة في برنامج Arc Map موجودة في قائمة علي يمين النافذة، وتكون طريقة الترميز الحالية لهذه الطبقة هي المظللة في هذه القائمة. في المثال الحالي (وحيث أننا لم نقم بترميز الطبقة بأي طريقة حتى الآن) فأن الطريقة المظللة هي **Single symbol** أي رمز واحد، بمعني أن جميع مضلعات الطبقة ستظهر بنفس الرمز (أو نفس اللون):



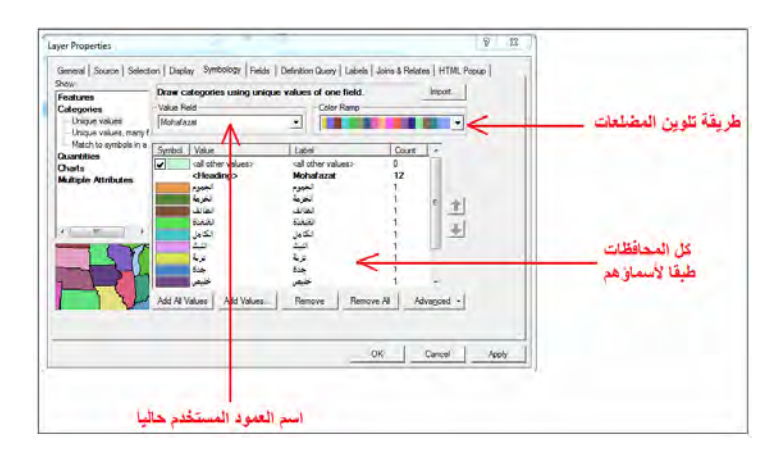
نضغط علي أيقونة **Categories** الترميز النوعي من قائمة طرق الترميز فستظهر لنا الطرق الثلاثة المتاحة للترميز النوعي فنختار أول طريقة **Unique values** الترميز بقيمة محددة:



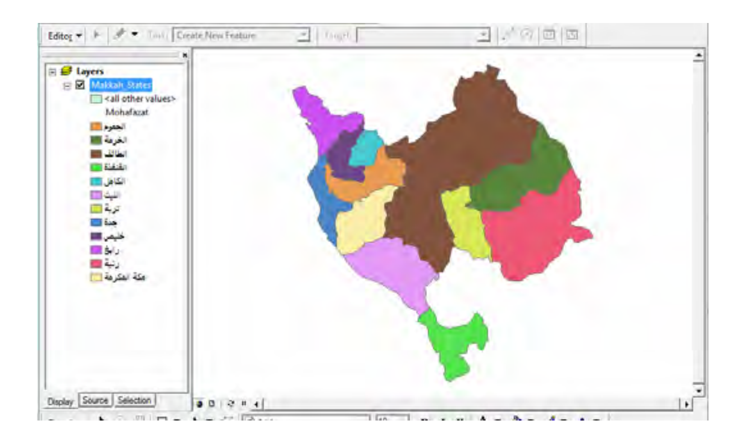
تحدد أيقونة **Value Field** العمود (من جدول البيانات غير المكانية للطبقة الحالية) اختيار العمود المطلوب استخدامه للترميز النوعي أو الفئوي. نضغط السهم الصغير الأسود فتظهر لنا قائمة بأسماء أعمدة الطبقة (ما عدا عمودي FID, Feature وهما عمودان خاصين للبرنامج فقط)، في المثال الحالي لدينا عمودان بهذه الطبقة وهما عمود Mohafazat لأسماء المحافظات وعمود Sokan لعدد سكان كل محافظة، نختار العمود الأول، وفي أسفل الشاشة نضغط أيقونة **Add all values** إضافة كل القيم (قيم هذا العمود):



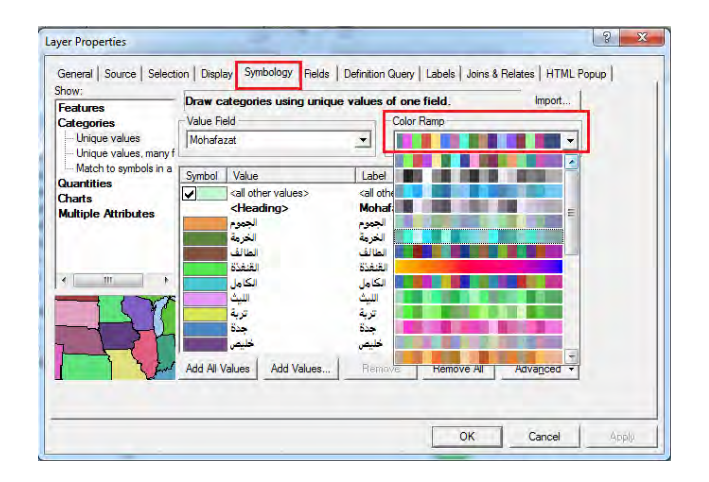
تظهر جميع المحافظات في الشاشة (طبقا لأسمائهم) وكل محافظة ستأخذ لون محدد أو قيمة مميزة. توجد عدة طرق للتلوين Color Ramp يمكن الاختيار منهم (يمين أعلى النافذة):



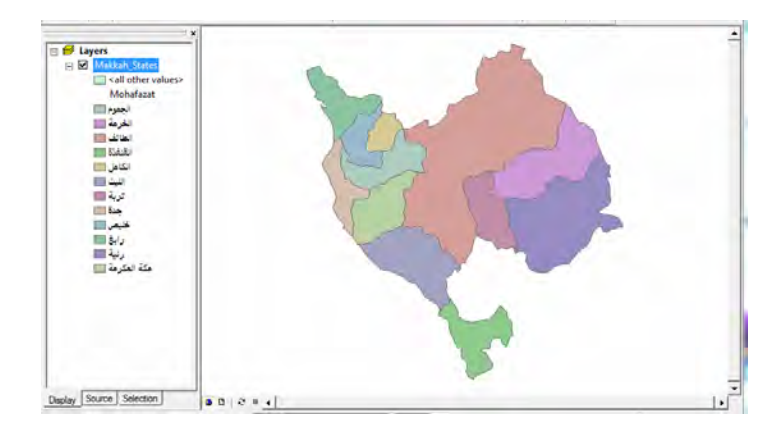
نضغط OK فيتم تلوين مضلعات (محافظات) الطبقة علي الخريطة، وتظهر طريقة الترميز في قائمة المحتويات أسفا اسم الطبقة:



يمكن تغيير طريقة التلوين بالعودة مرة أخري إلي نافذة خصائص الطبقة (أضغط مرتين متتاليتين علي أسم الطبقة في قائمة المحتويات) وأختر color ramp آخر من القائمة:

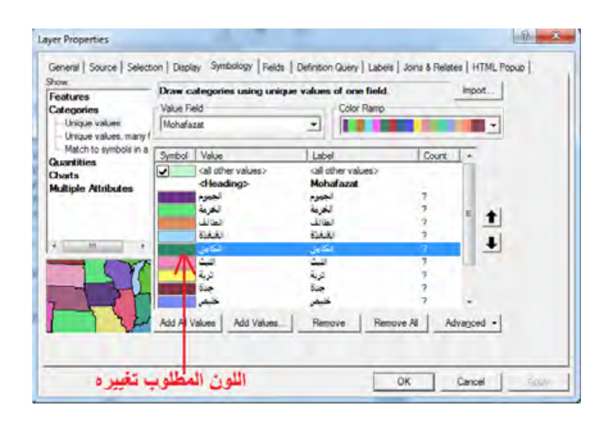


نضغط OK فتظهر الخريطة بالألوان الجديدة:

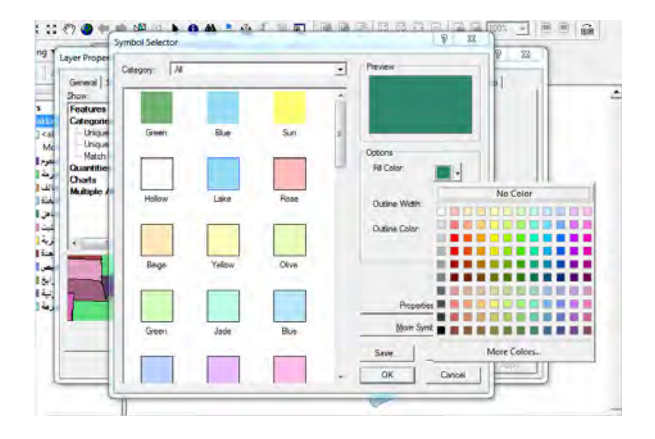


أما إذا أردنا الخريطة باللون الأسود فقط فيوجد أحد أنظمة الألوان color ramp مخصص لدرجات اللون الأسود (الرمادي).

في حالة وجود درجتي لون واحد قريبتين من بعضهما (لن يكون سهلا التمييز بينها علي الخريطة المطبوعة) فيمكن تغيير أحدهما إلي لون آخر: نضغط بالماوس الأيسر علي لون المضلع المطلوب تغييره ضغطتين متتاليتين:



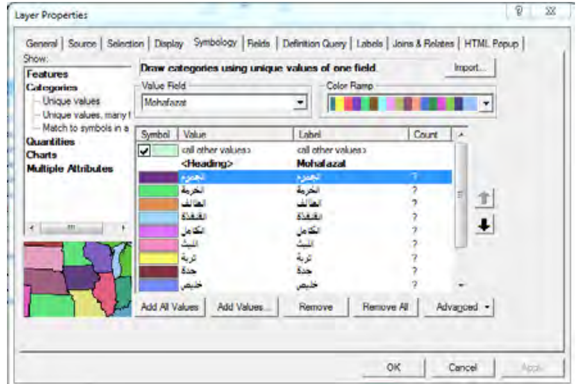
من النافذة الجديدة نختار اللون الجديد لهذا المضلع إما من قائمة الألوان الموجودة علي يسار الشاشة أو من السهم الصغير بجوار كلمة Fill color من يمين الشاشة:



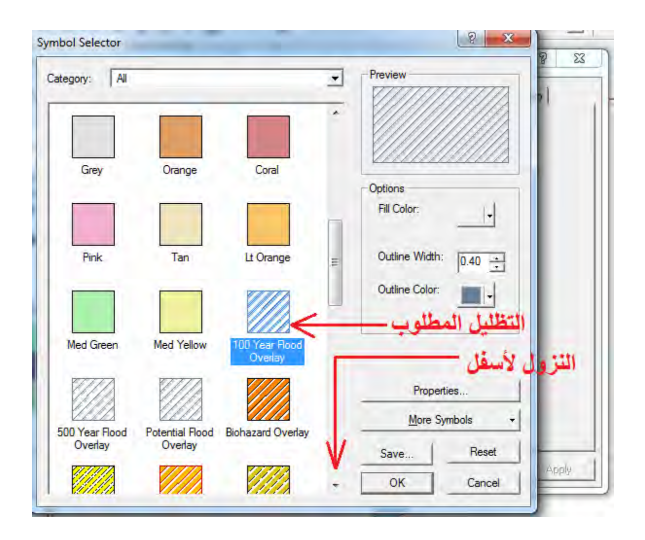
ثم نضغط Ok:

في حالة أننا نريد استخدام طريقة التظليل (بدون استخدام أية ألوان) فممن الممكن أن يتم تحديد نوع التظليل المطلوب لكل مضلع (محافظة) كالآتي:

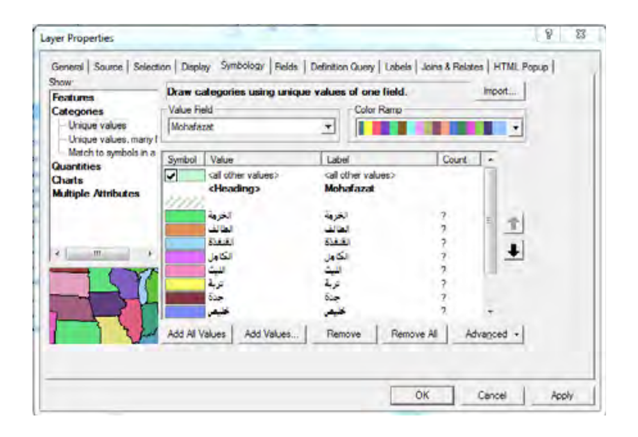
نضغط علي المضلع المطلوب (مثلا محافظة الجموم) ضغطتين متتاليتين:



من قائمة الرموز (علي يسار النافذة) ننزل للأسفل إلي أن نصل لرموز الظلال ونختار مثلا أول نوع تظليل:



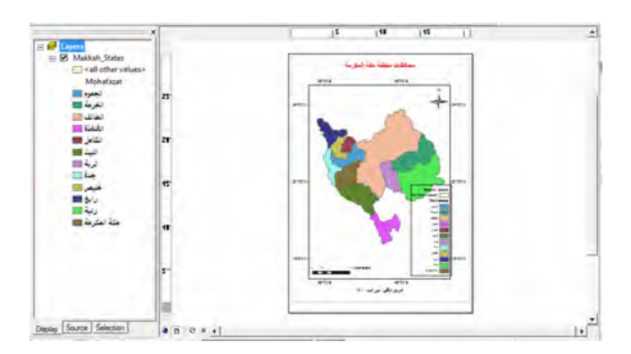
ثم نضغط OK، فنجد أن رمز محافظة الجموم قد تغير من الألوان إلي تظليل:



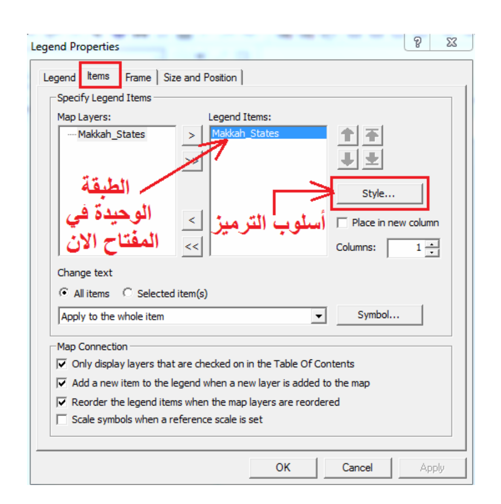
فإذا ضغطنا OK تظهر محافظة الجموم علي الخريطة بنوع الظلال الذي تم اختياره:

بهذه الطريقة يمكن تغير رموز جميع المضلعات (المحافظات) إلي ظلال مختلفة لكي تكون الخريطة كلها بالأبيض و الأسود فقط.

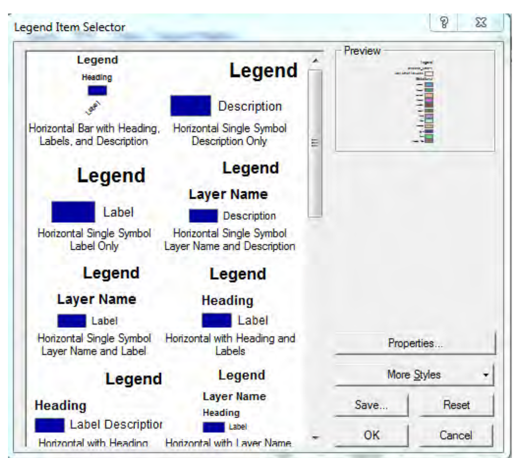
إذا أردنا الآن طباعة هذه الخريطة فنتحول من شاشة البيانات إلي شاشة العرض أو الإخراج بالضغط علي أيقونة في أسفل يسار شاشة البرنامج. نجد أن مفتاح الخريطة يمثل طريقة الترميز التي قمنا بتنفيذها، لكن حجم المفتاح كبيرا بدرجة أنه يغطي المحتوي الجغرافي للخريطة ذاتها:



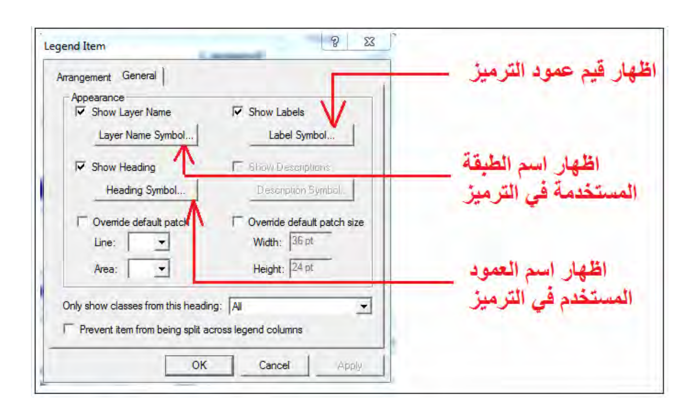
نختار (بالماوس الأيسر) مفتاح الخريطة ونضغط ضغطتين متتاليتين لإظهار خصائصه (أو نضغط بالماوس الأيسر ضغط واحدة ثم نختار Properties من القائمة المنسدلة). نجد أن الطبقة الوحيدة التي تظهر الآن هي طبقة المحافظات (لا يوجد سواها في المشروع الحالي) فندخل أيقونة Style لعرض تفاصيل إظهار الترميز:



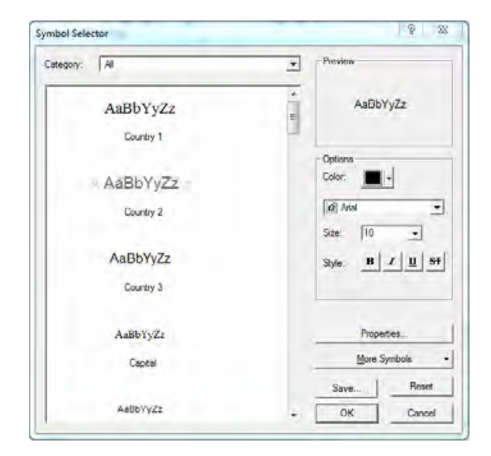
نضغط أيقونة خصائص Properties:



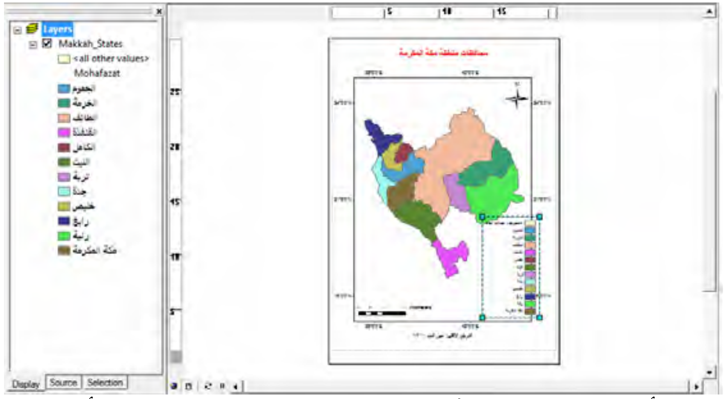
في النافذة الجديدة نضغط علي علامة "صح" الموجودة بجوار Show Layer Name لإخفاء اسم الطبقة من مفتاح الخريطة (فمن غير المنطقي ظهور اسم الطبقة علي الخريطة المطبوعة) وأيضا نضغط علي علامة "صح" الموجودة بجوار Show Heading لإخفاء أسم العمود من مفتاح الخريطة بحيث تبقي فقط علامة "صح" الموجودة بجوار Show Labels لإظهار قيم عمود الترميز (أسماء المحافظات في المثال الحالي):



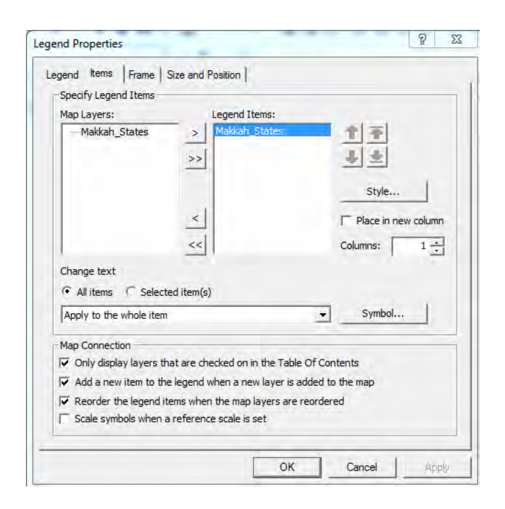
نضغط الآن أيقونة Label Symbol الموجودة تحت كلمة Show Label لكي نعرف خصائص الأسماء التي ستظهر في مفتاح الخريطة. نجد أن حجم بنط الكتابة يساوي ١٠ وهو حجم صغير نسبيا فنغيره إلي ١٢ مثلا لكي يكون واضحا و مقروءا علي الخريطة المطبوعة:



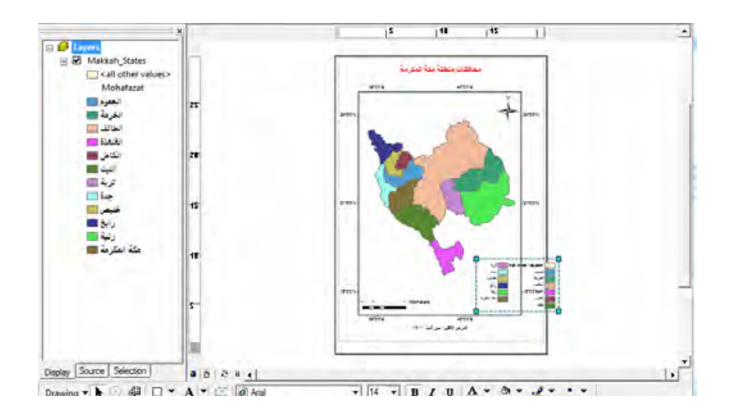
نعود للشاشة السابقة فنضغط OK مرة أخري، وأيضا OK في الشاشة التالية لتظهر لنا الخريطة الآن في نافذة الإخراج:



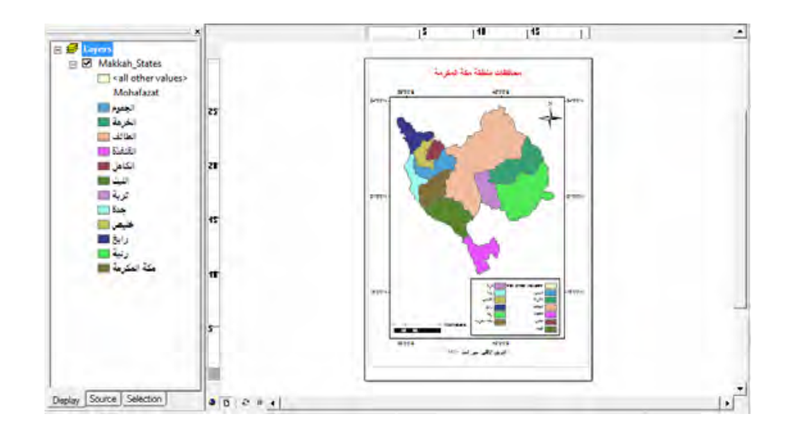
أصبح مفتاح الخريطة أكثر وضوحا الآن (بعد تكبير بنط الكتابة) إلا أن حجمه و مكانه أيضا غير مناسبين. نعود مرة أخري لخصائص المفتاح:



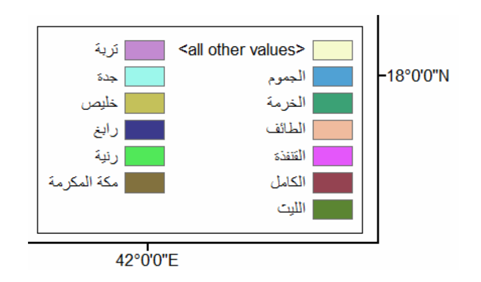
بجوار كلمة Column نغير الرقم من ١ إلي ٢، أي أن رموز مفتاح الخريطة تظهر علي عمودين متجاورين بدلا من عمود واحد، ثم نضغط OK فتصبح الخريطة:



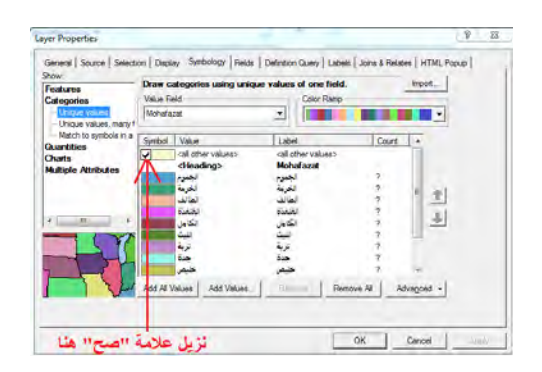
ثم نقوم بتحريك مفتاح الخريطة (بالماوس) ليقع داخل إطار الخريطة علي سبيل المثال:



بالتدقيق في مفتاح الخريطة باستخدام أيقونة تكبير نافذة العرض (وليس نافذة البيانات) نري وجود أول رمز و بجواره كلمة all other values، بمعني أن هناك رمز محدد لتوضيح أية مضلعات أخري غير موجودة في مفتاح الخريطة. إذا دققنا النظر فنجد هذا الرمز و هذه الكلمة موجودين أيضا في قائمة المحتويات أسفل اسم الطبقة.



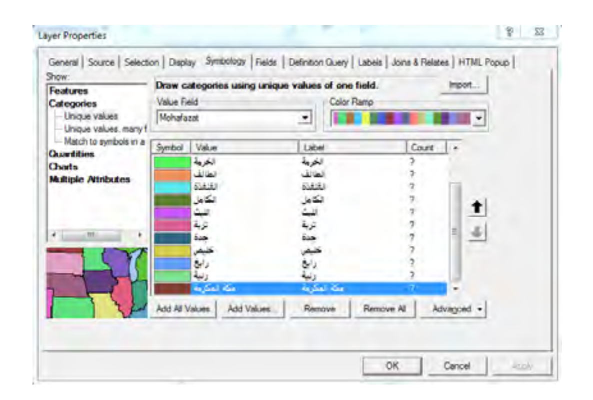
السبب أن برنامج Arc Map يفترض أن المستخدم – ربما في حالة معينة - يريد إبراز رموز محددة أو مختلفة تظهر في مفتاح الخريطة بينما توجد عدة مضلعات تأخذ رمز آخر لهم جميعا، مثلا لو أردنا في هذا التمرين إظهار محافظة مكة المكرمة فقط بلون بينما كل المحافظات الأخرى ستأخذ لون أبيض ففي هذا الحالة سيظهر في مفتاح الخريطة رمز واحد يمثل محافظة مكة المكرمة بينما كل المحافظات الأخرى ستأخذ رمز أبيض وسيكون أمامها كلمة all other values أي جميع القيم الأخرى. لكن في مثالنا الحالي فأننا قد أعطينا رمز محدد لكل محافظة من محافظات المنطقة الإدارية وبالتالي لا يوجد أي محافظة أو مضلع غير ممثل في مفتاح الخريطة، ولذلك فمن المنطقي إزالة رمز all other values من مفتاح الخريطة، وذلك بأن نفتح خصائص الطبقة (ضغطتين متتاليتين علي اسم الطبقة في قائمة المحتويات) ثم إزالة علامة "صح" الموجود أمام كلمة all other values:



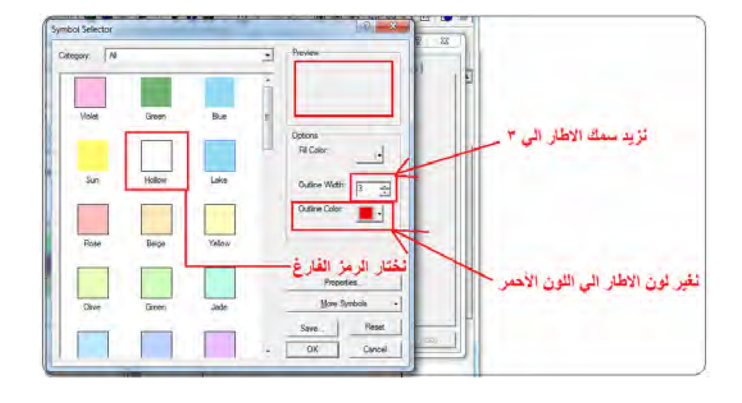
الآن اختفت كلمة و رمز all other values من قائمة المحتويات و من مفتاح الخريطة أيضا:



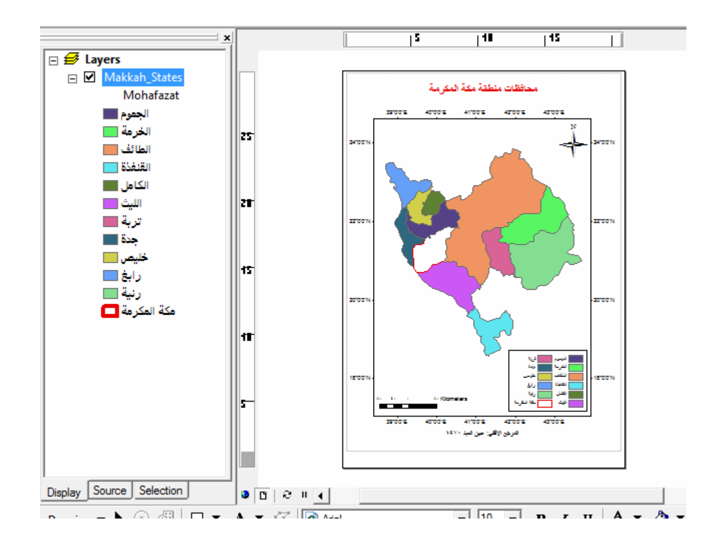
أيضا يمكننا تمييز مضلع معين (لأهميته مثلا) بإعطائه رمز محدد أكثر تميزا و ظهورا علي الخريطة. مثلا إن أردنا تمييز محافظة مكة المكرمة بإعطائها رمزا مختلفا (اللون الأبيض) مثلا مع زيادة سمك الخط الخارجي للمضلع. نفتح خصائص الطبقة و نضغط ضغطتين متتاليتين علي مضلع مكة المكرمة:



نختار رمز المضلع الفارغ Hollow ثم نختار لون الإطار Outline Color ليكون اللون الأحمر (مثلا) ونجعل سمك الإطار Outline Width يساوي ٣، ثم نضغط OK:



فتصبح محافظة مكة المكرمة علي الخريطة:

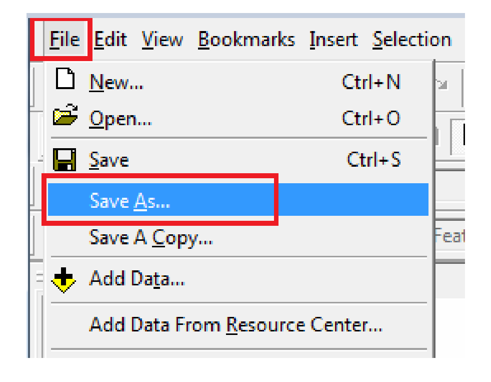


نحفظ المشروع في الخطوة الأخيرة.

٩-١-٢ الترميز النوعي باستخدام قيمة مميزة مع إظهار قيم أخري

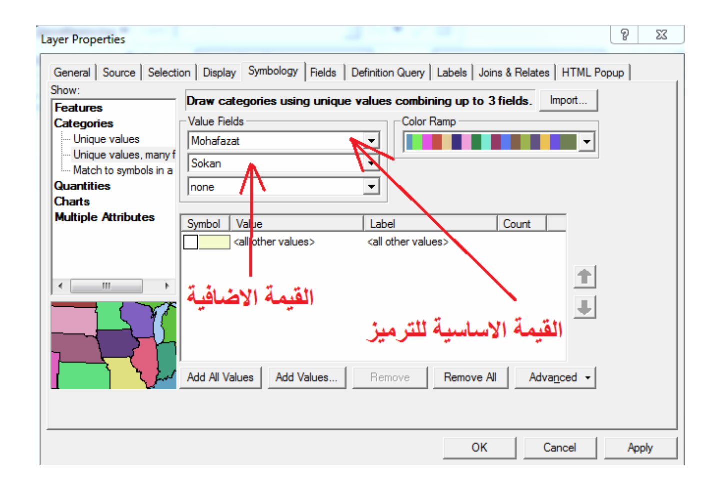
هذا النوع من الترميز النوعي يشبه بدرجة كبيرة النوع السابق إلا أنه يتميز عنه بوجود إمكانية لعرض قيم أخري (أعمدة أخري من جدول البيانات) في مفتاح الخريطة. مثلا يمكن إعادة عمل الترميز في المثال السابق مع ظهور عدد سكان كل محافظة بجوار أسمها في مفتاح الخريطة. يمكن لبرنامج Arc Map استخدام قيمة واحدة أو قيمتين (عمودين) إضافيين – بحد أقصي - في مفتاح الخريطة في هذا النوع من الترميز.

نفتح المشروع السابق ثم نعيد تسميته save as باسم جديد (حتى نجعل ما نقوم به الآن من خطوات لا تؤثر علي شكل الخريطة أو المشروع السابق).

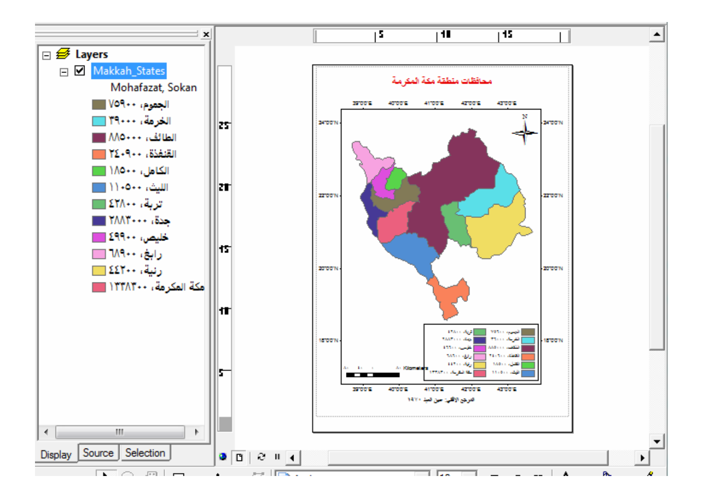


نفتح خصائص طبقة المحافظات وفي أيقونة الترميز **Symbology** نختار طريقة **Unique values, many fields** أي قيمة مميزة مع إظهار قيم أخري:

توجد ٣ سطور تحت كلمة Value fields لاختيار ٣ أعمدة (من جدول البيانات غير المكانية للطبقة الحالية) لإظهارهم في مفتاح الخريطة علي أن يكون الاختيار الأول هو الأساسي لتنفيذ الترميز بينما يكون الاختيارين الآخرين هما الذين تظهر قيمهما في مفتاح الخريطة. في السطر الأول نختار عمود Mohafazat (الذي يحتوي أسماء المحافظات في المثال الحالي) ثم نختار في السطر الثاني عمود Sokan (الذي يحتوي عدد سكان كل محافظة):



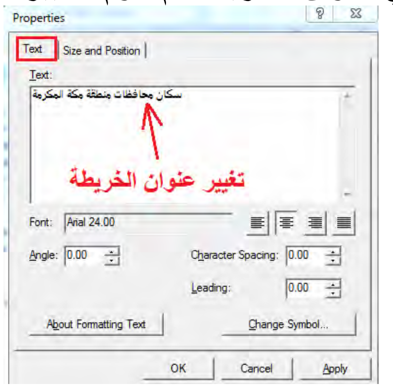
نضغط Add All Values في أسفل يسار النافذة ثم نضغط OK



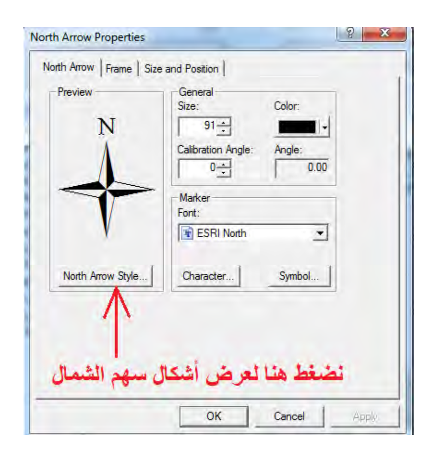
في قائمة المحتويات (يسار الشاشة) نجد أن كل مضلع (محافظة) مكتوب بجواره أسمه و عدد سكانه، وهذا هو ما يظهر أيضا في مفتاح الخريطة.

بما أننا في بداية التمرين الحالي قد قمنا بفتح مشروع سابق (ثم إعادة تسميته) فيجب أن نغير عنوان الخريطة الجديدة (ليصبح مثلا: سكان محافظات منطقة مكة المكرمة) وأيضا نقوم بتصغير مفتاح الخريطة الجديد حتى يكون مناسبا في حجمه للخريطة:

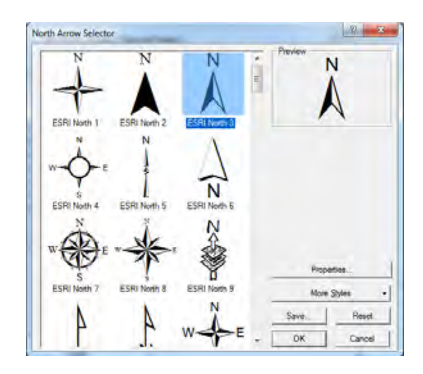
نضغط ضغطتين متتاليتين علي عنوان الخريطة ثم نقوم بتغيير النص:

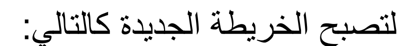


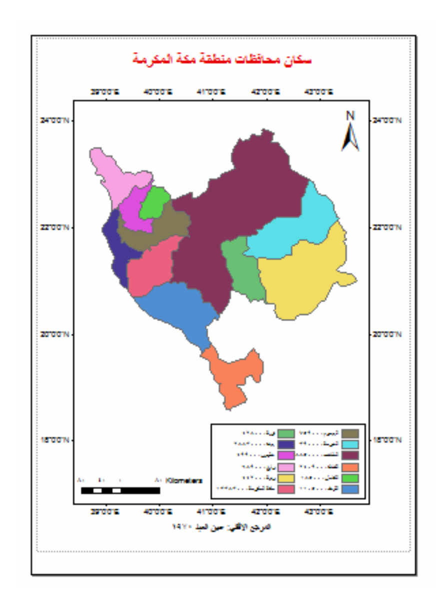
أيضا يمكن تغيير نوع (شكل) اتجاه الشمال طالما يتوافر بالبرنامج عدة أشكال منه وحتى يكون هناك تنوع في الخرائط التي نقوم بإعدادها، نضغط عليه ضغطتين متتاليتين ثم نضغط أيقونة North Arrow Style :



و نختار شكل آخر من أشكال سهم الشمال:




لتصبح الخريطة الجديدة كالتالي:

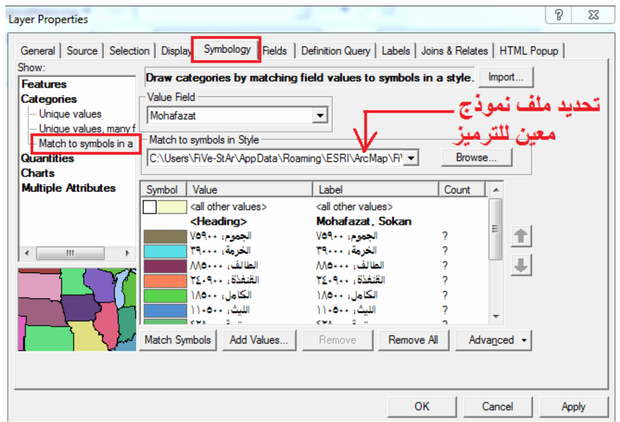


نحفظ المشروع 💾 في الخطوة الأخيرة.

٩-١-٣ الترميز النوعي باستخدام نماذج محددة

الطريقة الثالثة من طرق الترميز النوعي (أو الفئوي) في برنامج Arc Map تعتمد علي تطبيق نماذج محددة للترميز **Match to symbols in a style**، وهي طريقة تناسب المستخدم المتقدم وليس المستخدم المبتدئ.

علي سبيل المثال إذا كان لدينا مجموعة من الطبقات المتماثلة الخصائص (مثلا عدة طبقات تمثل محافظات كل منطقة إدارية من مناطق المملكة العربية السعودية) وقمنا بتصميم أسلوب معين في الترميز (ألوان محددة أو تظليل بطريقة معينة) لأول طبقة من هذه الطبقات، ولا نريد أن نكرر كل خطوات الترميز هذه عند فتح كل طبقة من الطبقات الأخرى. في هذه الحالة نقوم بتخزين طريقة الترميز في ملف وعند فتح الطبقة الثانية نقوم باستدعاء هذا الملف (خصائص ترميز الطبقة الأولي) لكي يتم تنفيذه مباشرة علي الطبقة الثانية:



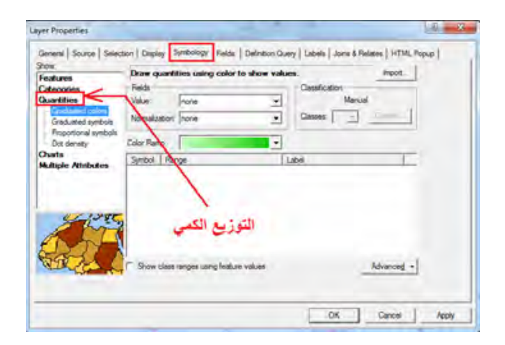
يمكن للقارئ أن يجرب هذه الطريقة بنفسه إن أراد.

٩-٢ الترميز الكمي

توجد ٤ طرق مختلفة يقدمها برنامج Arc Map للتوزيع الكمي (لتمثيل قيم) للظاهرات الجغرافية:

- التدرج اللوني
- التدرج في مقاسات الرموز
- مناسبة حجم الرمز للقيمة
- التمثيل الكمي بالنقط

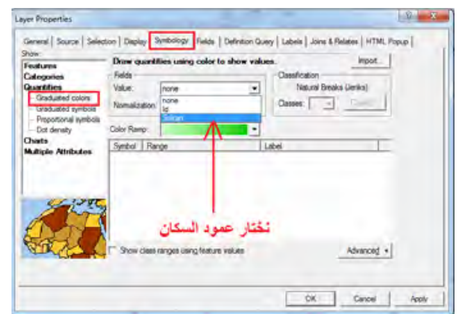
نفتح المشروع السابق (طبقة المحافظات) ونعيد تسميته **save as** باسم جديد. نضغط علي أسم طبقة المحافظات (في قائمة المحتويات) ضغطتين متتاليتين لفتح خصائصها ثم نضغط أيقونة الترميز **Symbology** ومنها نختار (نضغط) **التوزيع الكمي Quantities**:



٩-٢-١ طريقة التدرج اللوني

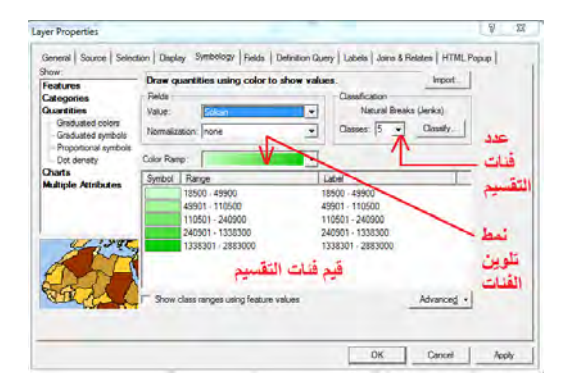
تعتمد طريقة التدرج اللوني Graduated Colors للتوزيع الكمي علي تقسيم قيم الظاهرة إلي مجموعة فئات وتخصيص لون معين لكل فئة منهم. فمثلا في التمرين الحالي (محافظات منطقة مكة المكرمة) لدينا عمود Sokan داخل جدول البيانات غير المكانية Attribute Table لهذه الطبقة يحتوي قيم عدد سكان كل محافظة. في التمرين السابق استخدمنا التوزيع النوعي (الفئوي) حيث تعامل البرنامج مع كل قيمة من هذا العمود كقيمة مفردة وسينتج لنا خريطة توزيعات بها ١٣ لون مختلف لتمثيل سكان المنطقة. بينما في التوزيع الكمي فأن برنامج Arc Map سيتعامل إحصائيا مع هذا العمود (عدد السكان) ويستطيع تقسيمه إلي فئات (سنحدد نحن عددهم) وبالتالي سيمثل كل فئة (عدة محافظات متقاربين في عدد السكان) بلون محدد.

من نافذة التوزيع نختار أمر **Graduated colors للتدرج اللوني** ومن السهم الصغير الأسود بجوار كلمة **Value أو القيمة** نختار عمود Sokan (العمود الذي يحتوي قيم عدد سكان كل محافظة):

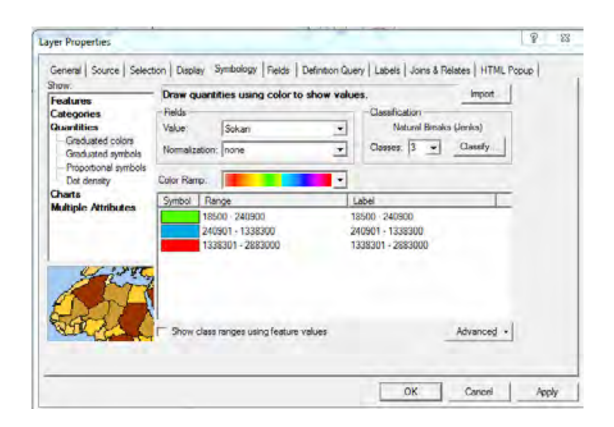


بمجرد اختيار عمود التقسيم سيقوم البرنامج بإظهار قيم هذا العمود (أعداد السكان) مقسمين إلي ٥ فئات، فمثلا الفئة الأولي ستكون عدد سكانها يتراوح بين ١٨٥٠٠ إلي ٤٩٩٠٠ نسمة، بينما الفئة الثانية سيتراوح عدد السكان بها من ٤٩٩٠١ إلي ١١٠٥٠٠ نسمة، وهكذا.

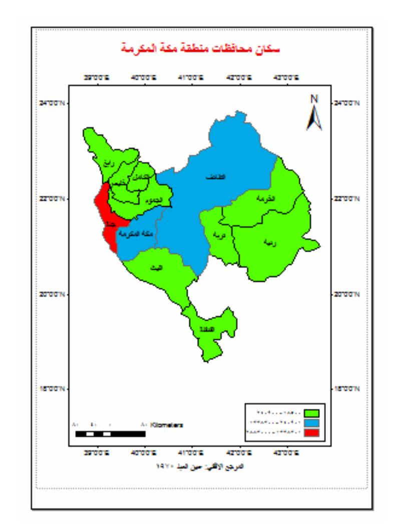
كثير من المستخدمين المبتدئين يستعجلون ويقبلون باختيارات البرنامج فيضغطون OK مباشرة، مع أن كل هذه التقسيمات مجرد مقترحات من برنامج Arc Map ويمكن للمستخدم تغيير أيا منها بكل بساطة. فمثلا يمكننا تغيير عدد فئات التقسيم من خلال السهم الأسود الصغير الموجود بجوار كلمة Classes أو الفئات وجعلهم ٣ فئات فقط، فسيكون أسهل علي قارئ الخريطة – في المثال الحالي – أن يعرف المحافظات قليلة السكان و المحافظات متوسطة السكان و المحافظات كثيرة السكان (أي ٣ فئات فقط). بينما ربما في تطبيقات أخري نريد زيادة عدد الفئات إلي ٧ مثلا، لذلك فالمستخدم غير مجبر أن يرسم جميع الخرائط وهي مقسمة إلي ٥ فئات كما يقترح البرنامج (البرنامج يقبل عدد فئات من ١ إلي ٣٢ فئة). كما أننا يمكننا تغيير نمط الألوان color Ramp كما سبق أن فعلنا في التمارين السابقة حتى تكون ألوان الخريطة معبرة ومتجانسة ومريحة لعين القارئ أيضا.



سنغير عدد الفئات إلي ٣ وسنختار نمط ألوان Color Ramp آخر:

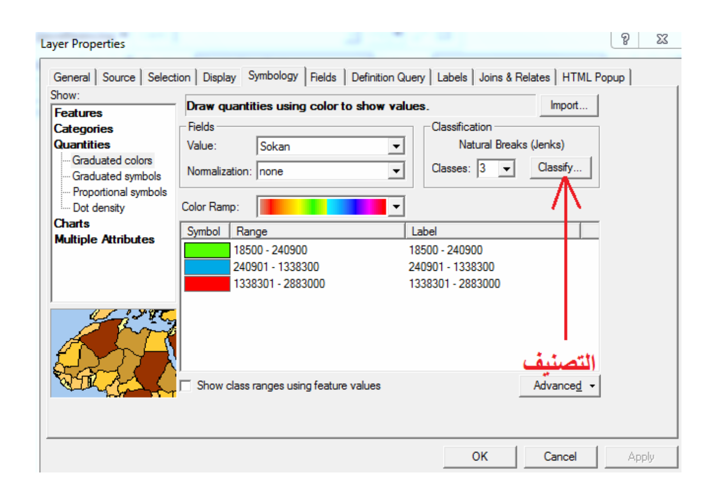


ثم نضغط OK لنري خريطة التوزيعات الكمية متدرجة اللون، ونجد بها ٩ محافظات باللون الأخضر يتراوح عدد سكانها بين ١٨٥٠٠ و ٢٤٠٩٠٠ ، بينما توجد محافظتين فقط (الطائف و مكة المكرمة) باللون الأزرق ويتراوح عدد سكانهما بين ٢٤٠٩٠١ و ١٣٣٨٣٠٠ وتظهر محافظة جدة بمفردها باللون الأحمر:



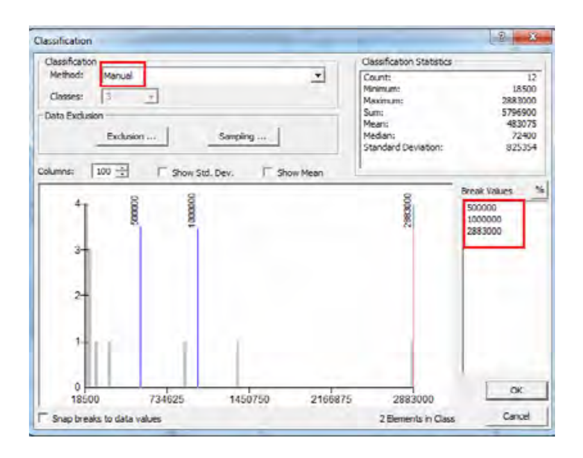
لكن أليس من الأسهل أن نحدد نحن فئات التقسيم بدلا من أن نترك هذه المهمة للبرنامج؟ مثلا نريد أن تكون الفئة الأولي هي فئة السكان الأقل من ٥٠٠،٠٠٠ بينما الفئة الثانية للسكان بين ٥٠٠،٠٠٠ و مليون والفئة الثالثة للسكان الأكثر من مليون. أليس هذا أفضل لقراءة و تفسير الخريطة بسهولة؟.

نعود مرة أخري لنافذة الترميز Symbology ونضغط علي أيقونة التصنيف Classify:

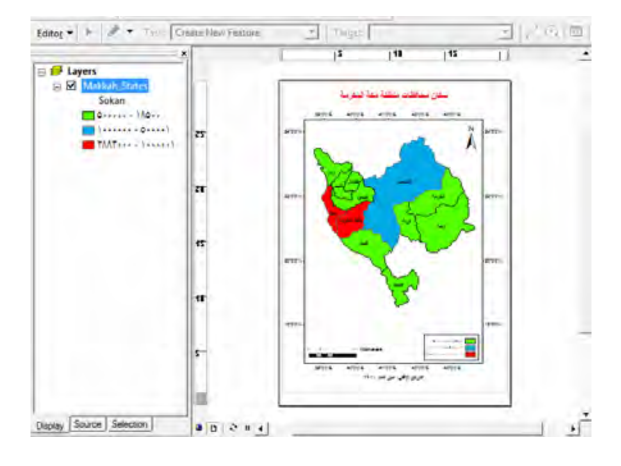


نجد أن البرنامج يقدم عدة طرق لتصنيف البيانات أو القيم تحت أيقونة Method، فإذا فتحنا قائمة طرق التصنيف (من السهم الأسود الصغير) نجد منهم طريقة التصنيف اليدوي Manual التي تتيح للمستخدم أن يحدد بنفسه قيم فئات التصنيف. أيضا تحتوي هذه النافذة علي إحصائيات التصنيف Classification Statistics في الجزء العلوي الأيمن حيث نري أن: عدد القيم (عدد المحفظات) Count يساوي ٨، وأن أقل قيمة (أقل عدد سكان) Minimum يساوي ١٨٥٠٠، وأن أكبر قيمة (أكبر عدد سكان) يساوي ٢٨٨٣٠٠٠، وأن المجموع (مجموع السكان) يساوي Sum يساوي ٥٧٩٦٩٠٠، وأن المتوسط (متوسط عدد السكان) Mean يساوي ٤٨٣٠٧٥.

نختار طريقة التصنيف اليدوي Manual من قائمة طرق التصنيف Method ثم تحت كلمة Break Values قيم (أو حدود) فئات التصنيف نكتب القيم التي نريدهم وهما ٥٠٠،٠٠٠ (آخر الفئة الأولي) و مليون (آخر الفئة الثانية)، بينما سنترك الرقم الثالث ٢٨٨٣٠٠٠ كما هو حيث أنه يساوي أكبر عدد سكان و هو آخر الفئة الثالثة:

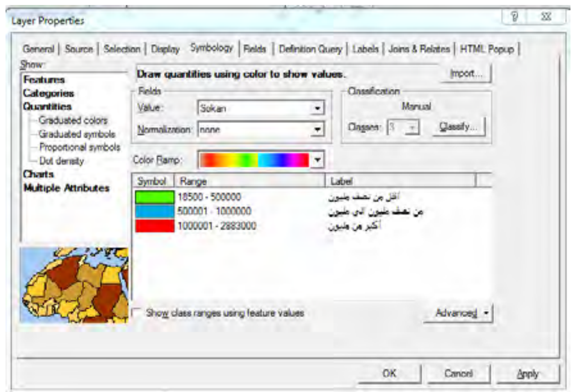


نضغط OK في الشاشة الحالية و الشاشة التالية لها حتى نري الخريطة بشكلها الجديد:

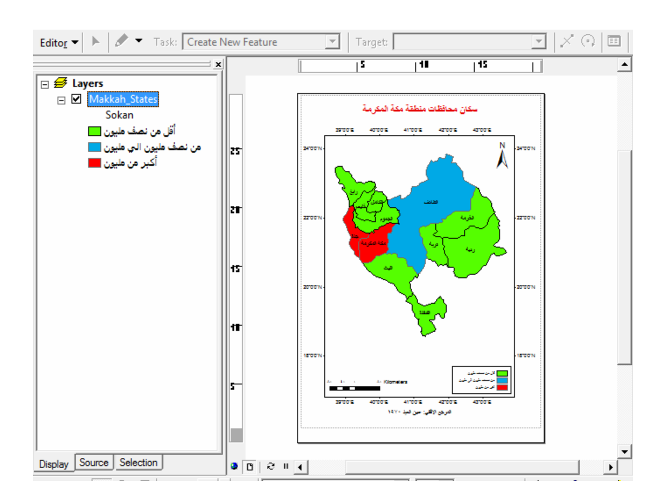


أي أن السكان أصبحوا ممثلين بثلاثة فئات: الأولي من ١٨٥٠٠ (أقل عدد سكان فعلي للمحافظات) إلي ٥٠٠،٠٠٠ نسمة، والثانية من ٥٠٠،٠٠١ إلي مليون نسمة، والثالثة من ١،٠٠٠،٠٠١ إلي ٢،٨٨٣،٠٠٠ نسمة (أكبر عدد سكان فعلي للمحافظات).

أيضا يمكننا – إن أردنا - تغيير طريقة عرض مفتاح الخريطة ليكون أسهل في التعبير عن عدد السكان، فمثلا الفئة الأولي يمكن أن نكتب بجوارها جملة "أقل من نصف مليون" بينما نكتب أمام الفئة الثانية جملة "من نصف مليون إلي مليون" ونكتب أمام الفئة الثالثة جملة "أكبر من مليون". نعود لنافذة الترميز Symbology مرة أخري ونغير ما هو مكتبو تحت عمود Labels أي ما يظهر علي الخريطة (لاحظ أن عمود Range أو المدى لا يمكن تغييره):



نضغط OK لنري الوضع الجديد لمفتاح الخريطة:



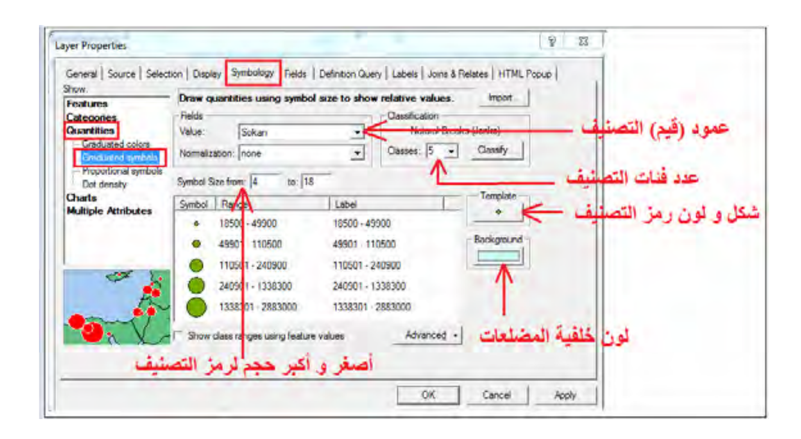
٩-٢-٢ طريقة التدرج في مقاسات الرموز

تعتمد طريقة التدرج في مقاسات الرموز علي تمثيل فئات البيانات باستخدام نفس الرمز وان كان سيتدرج في الحجم من فئة لأخرى.

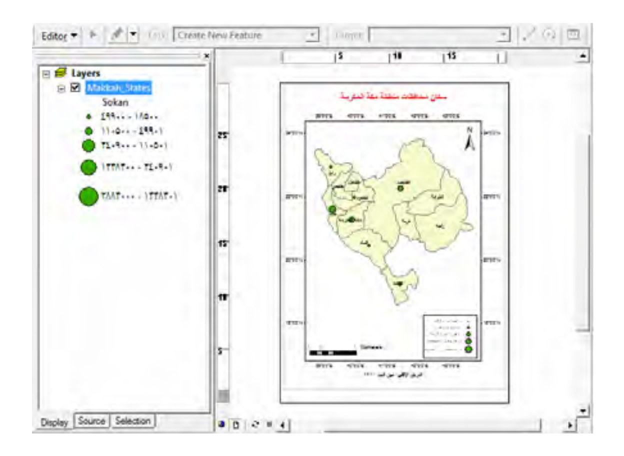
نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع الكمي **Quantities** ومنها نختار طريقة **التدرج في مقاسات الرموز Graduated symbols**.

بجوار كلمة Value أو القيم نضغط السهم الصغير الأسود ومن قائمة أعمدة جدول البيانات غير المكانية نختار عمود السكان Sokan، أيضا نحدد عدد فئات التصنيف بجوار كلمة Classes (سنتركها ٥ فئات مؤقتا). نجد أن البرنامج قد أختار رمز الدائرة باللون الأخضر لإتمام عملية التوزيع الحالية (يمكننا تغيير شكل و لون هذا الرمز بالضغط علي أيقونة

Template) وأيضا قام البرنامج بتحديد مبدئي لحجم الرمز Symbol Size ليتدرج من الحجم ٤ لأصغر فئة إلي الحجم ١٨ لأكبر فئة (يمكننا تغيير هذه القيم إن أردنا).

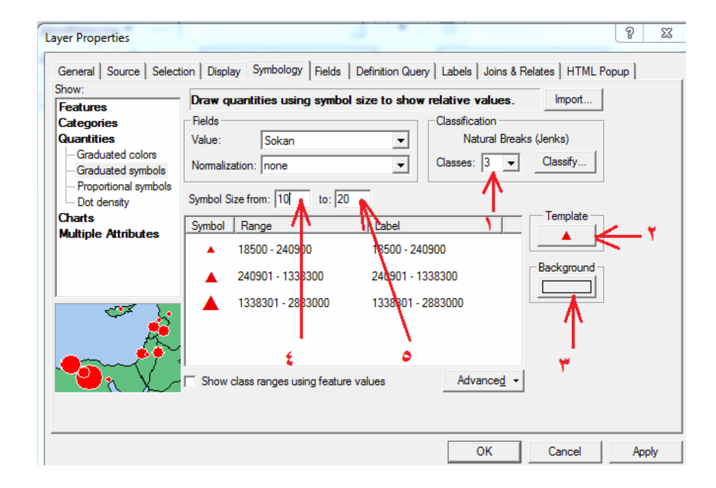


نضغط OK لرؤية الخريطة الجديدة:

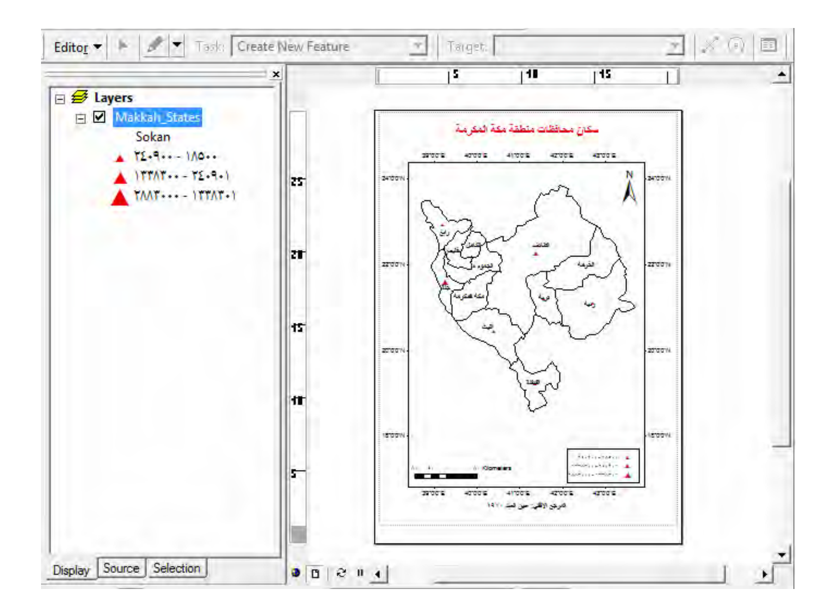


يمكن تغيير أي عنصر من عناصر طريقة الترميز (شكل الرمز و لونه و لون الخلفية و عدد الفئات وحجم الرموز المستخدمة) من نافذة الترميز، فما يبدأ به برنامج Arc Map هو فقط مقترحات للمستخدم وليس خيارات إجبارية.

علي سبيل المثال الشاشة التالية بها تغيير في ٥ عناصر من عناصر الترميز:



ينتج عنها خريطة مختلفة كالتالي:

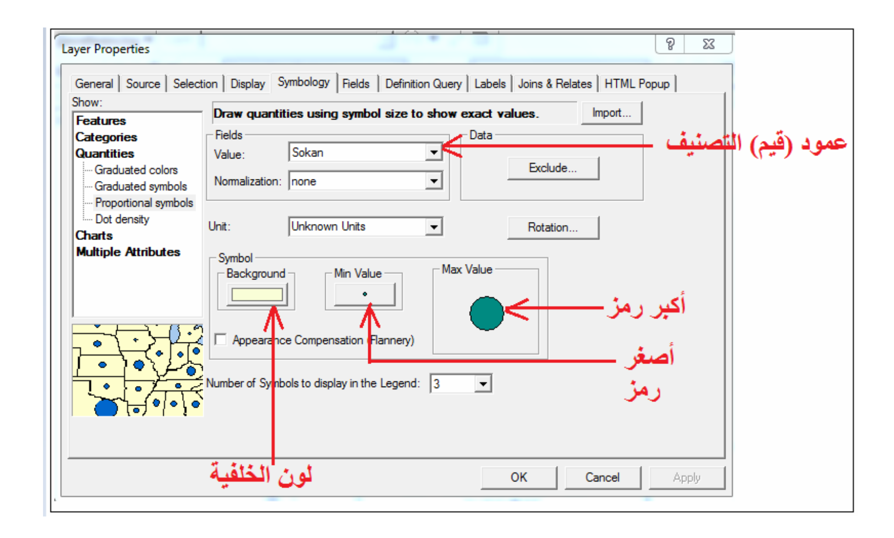


٩-٢-٣ طريقة مناسبة حجم الرمز للقيمة

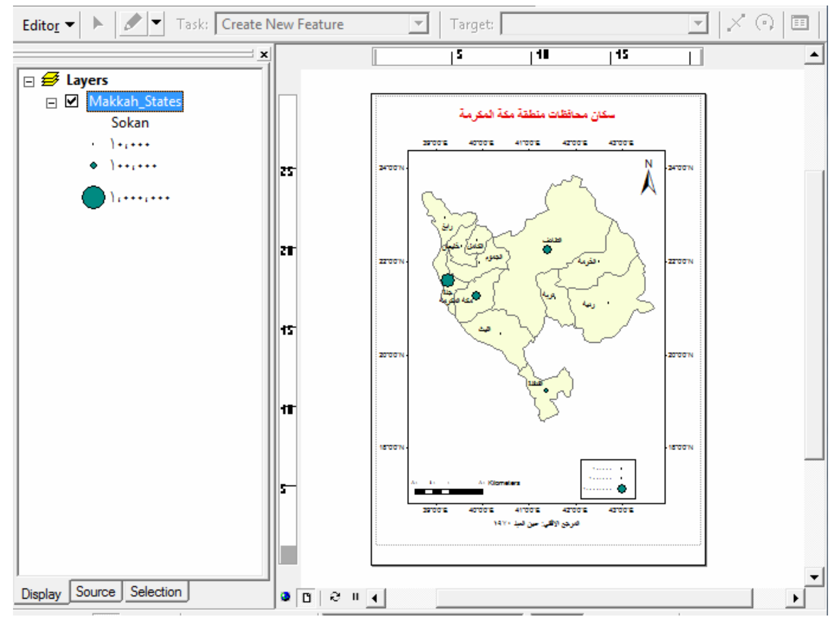
تختلف هذه الطريقة (التوزيع الكمي المتناسب الحجم) عن الطريقة السابقة في أن قيم فئات التصنيف ستكون متدرجة في القيمة.

نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع الكمي **Quantities** ومنها نختار طريقة **التوزيع المتناسب الحجم Proportional symbols**.

بجوار كلمة Value أو القيم نضغط السهم الصغير الأسود ومن قائمة أعمدة جدول البيانات غير المكانية نختار عمود السكان Sokan، أيضا عدد فئات التصنيف Number of symbols to display in the legend، ونحدد حجم أصغر رمز Min Value وحجم أكبر رمز Max Value ولون الخلفية Background (يمكننا تغيير هذه القيم إن أردنا).



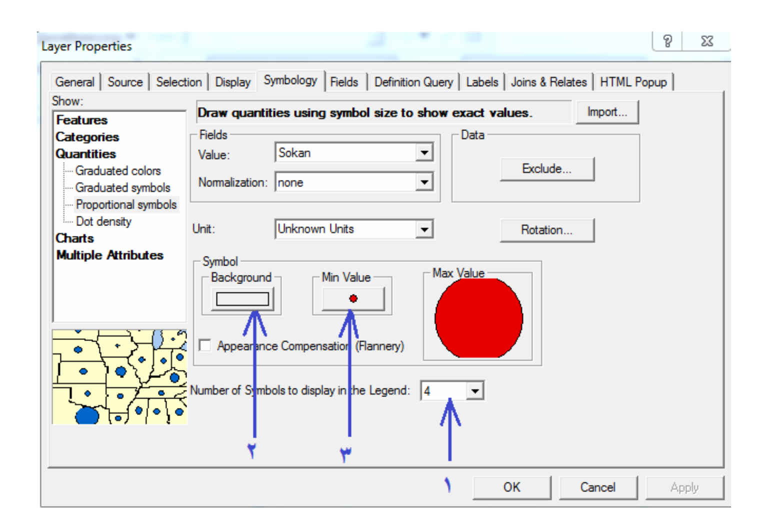
نضغط OK:



نجد البرنامج قد قسم قيم سكان المحافظات إلي ٣ فئات تمثل الفئة الأولي ١٠,٠٠٠ نسمة بينما الفئة الثانية تمثل ١٠٠،٠٠٠ نسمة والفئة الثالثة تمثل ١،٠٠٠،٠٠٠ نسمة (قيم آسية بحيث يزيد أس كل فئة بمقدار الواحد عن أس الفئة السابقة).

<u>مرة أخري:</u> يمكن تغيير أي عنصر من عناصر طريقة الترميز (شكل الرمز و لونه و لون الخلفية و عدد الفئات وحجم الرموز المستخدمة) من نافذة الترميز، فما يبدأ به برنامج Arc Map هو <u>فقط مقترحات للمستخدم وليس خيارات إجبارية</u>.

علي سبيل المثال الشاشة التالية بها تغيير في ٣ عناصر من عناصر الترميز:



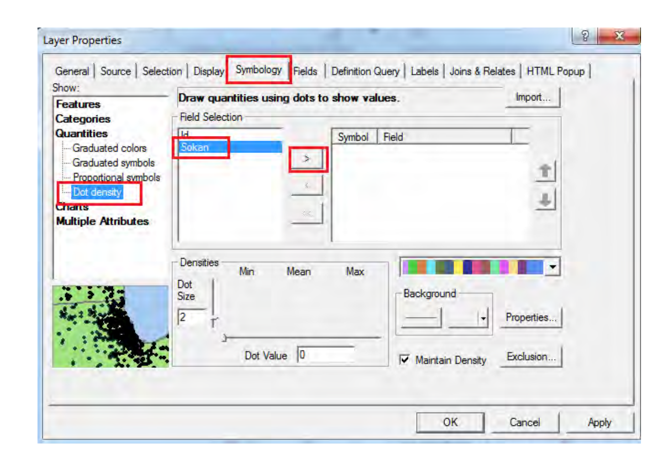
ينتج عنها خريطة مختلفة كالتالي:

٩-٢-٤ طريقة التمثيل الكمي بالنقط

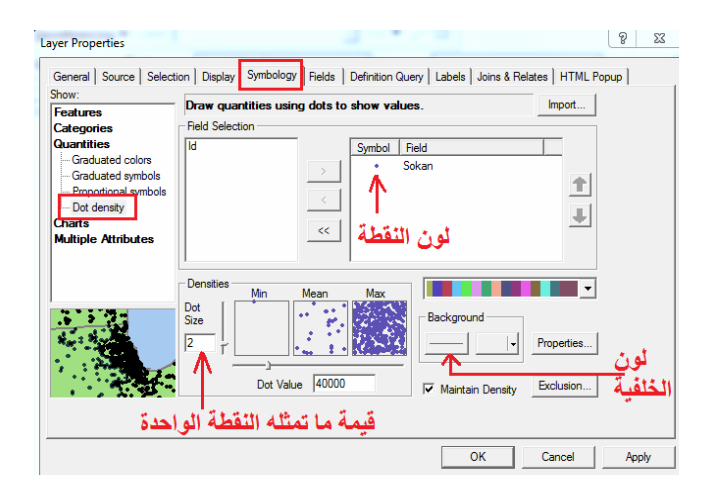
تعتمد طريقة التمثيل النقطي علي تحديد قيمة لما تمثله نقطة واحدة من قيم البيانات (العمود) المطلوب تمثيلها، ومن ثم يمكن حساب عدد النقاط اللازمة لتمثيل كل قيمة (عدد السكان) كل مضلع (محافظة). لذلك فتسمي هذه الطريقة بطريقة النقاط أو طريقة الكثافة النقطية، وأيضا تسمي الخرائط الناتجة باسم خرائط النقاط أو خرائط الكثافة.

نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع الكمي **Quantities** ومنها نختار طريقة **كثافة النقاط Dot density**.

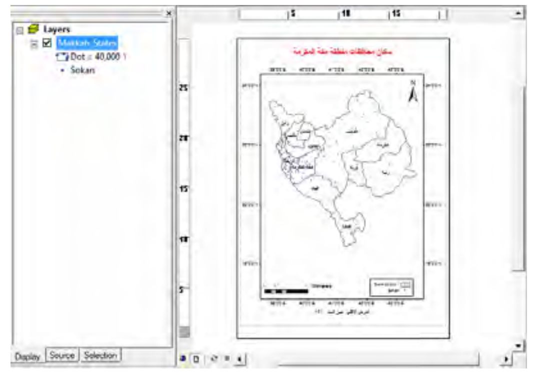
تحت كلمة "اختيار العمود Field Selection" نجد قائمة بأسماء أعمدة الطبقة الحالية، ونجد فقط عمودي ID, Sokan لأنهما العمودين الوحيدين الذين يحتويان أرقام، بينما لا يظهر عمود Mohafazat لأنه يحتوي نص (أسماء المحافظات) وهي لا تصلح للتمثيل الكمي بالطبع. نختار عمود Sokan بالماوس الأيسر (نظلله) ثم نضغط السهم المتجه لليسار حتى ننقل هذا العمود إلي قائمة الأعمدة المستخدمة في الترميز:



الآن يمكننا تحديد: حجم النقطة الواحدة Dot Size و لون الخلفية Background وقيمة ما تمثله النقطة الواحدة Dot Value (قيمة ما تمثله النقطة الواحدة من عدد السكان في المثال الحالي) أيضا يمكن تغيير لون النقاط بالضغط علي شكل النقطة الموجود تحت كلمة Symbol في أعلي النافذة:

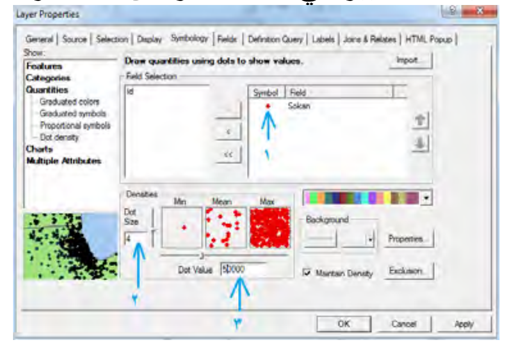


نضغط OK لنري الخريطة:



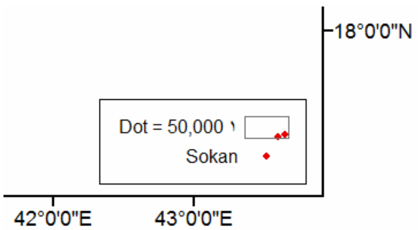
للتأكيد مرة أخرى: يمكن تغيير أي عنصر من عناصر طريقة الترميز (لون النقاط و لون الخلفية و قيمة ما تمثله النقطة الواحدة) من نافذة الترميز، فما يبدأ به برنامج Arc Map هو <u>فقط مقترحات للمستخدم وليس خيارات إجبارية.</u>

علي سبيل المثال الشاشة التالية بها تغيير في ٣ عناصر من عناصر الترميز:



ينتج عنها خريطة مختلفة كالتالي:

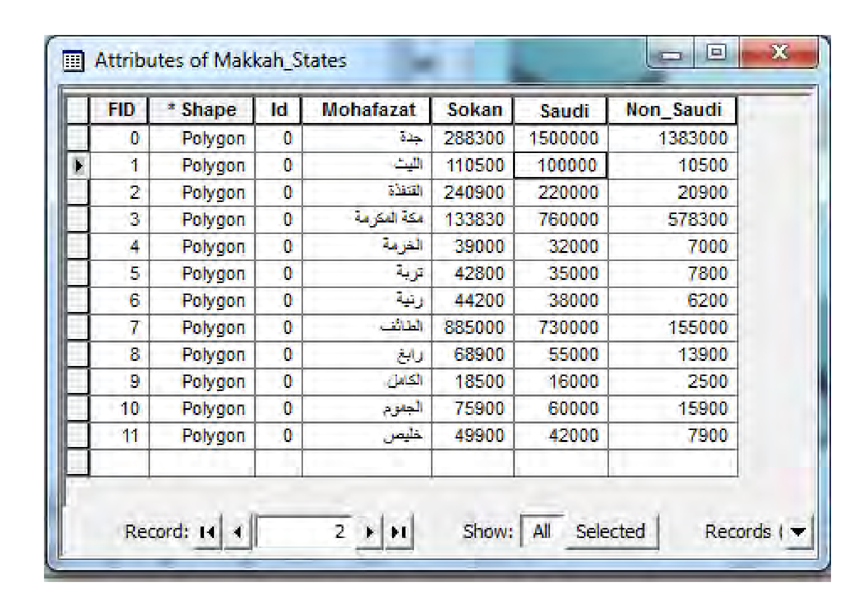
بتدقيق النظر في مفتاح الخريطة الحالية نجد المفتاح يحتوي قيمة ما تمثله النقطة الواحدة وأيضا اسم العمود المستخدم، أي أن مفتاح هذه الخريطة يدل علي أن النقطة الواحدة تمثل ٥٠،٠٠٠ من عدد السكان.



٩-٣ الترميز بالرسوم البيانية

يوفر برنامج Arc Map ثلاثة طرق لاستخدام الرسوم البيانية في التوزيع وهي: الدوائر النسبية و الأعمدة و الأعمدة المتجمعة.

قبل البدء في تمارين هذا الجزء سنقوم بإضافة عمودين جديدين إلي جدول البيانات غير المكانية لطبقة المحافظات (سنحتاجهما في الجزء التالي). في هذي العمودين سندخل قيم عدد السكان السعوديين (في عمود أسمه مثلا Saudi) و عدد السكان غير السعوديين (في عمود أسمه مثلا Non_Saudi) في كل محافظة من محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية (قيم غير حقيقية للتدريب فقط):



Attributes of Makkah_States

FID	* Shape	Id	Mohafazat	Sokan	Saudi	Non_Saudi
0	Polygon	0	جدة	288300	1500000	1383000
1	Polygon	0	الليث	110500	100000	10500
2	Polygon	0	القنفذة	240900	220000	20900
3	Polygon	0	مكة المكرمة	133830	760000	578300
4	Polygon	0	الخرمة	39000	32000	7000
5	Polygon	0	تربة	42800	35000	7800
6	Polygon	0	رنية	44200	38000	6200
7	Polygon	0	الطائف	885000	730000	155000
8	Polygon	0	رابغ	68900	55000	13900
9	Polygon	0	الكامل	18500	16000	2500
10	Polygon	0	الجموم	75900	60000	15900
11	Polygon	0	خليص	49900	42000	7900

Record: 2 Show: All Selected Records

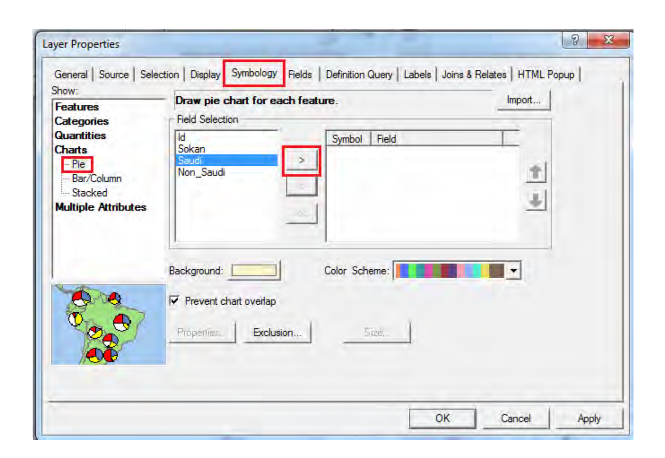
٩-٣-١ التمثيل علي شكل دوائر نسبية

تعتمد طريقة الدوائر النسبية (كما هو واضح من أسمها) علي التمثيل النسبي – داخل دائرة – لقيم متغيرين أو أكثر لبيان توزيع نسبة كل متغير من إجمالي القيمة.

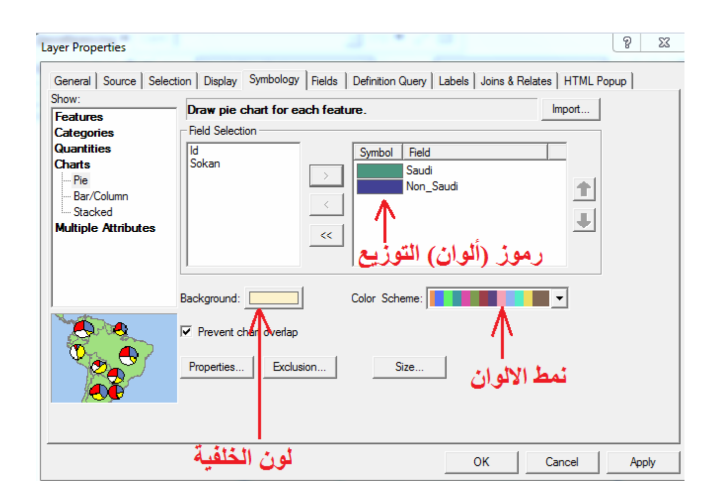
مثلا سنقوم بتمثيل أعداد السكان السعوديين و السكان غير السعوديين (في كل محافظة من محافظات منطقة مكة المكرمة) علي هيئة دائرة - لكل محافظة – مقسمة إلي جزأين يمثلان نسبة كل نوع من نوعي السكان هذين.

نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع بالرسوم البيانية **Charts** ومنها نختار طريقة **الدوائر النسبية Pie**.

تحت كلمة "اختيار العمود Field Selection" نجد قائمة بأسماء أعمدة الطبقة الحالية. نختار عمود Saudi بالماوس الأيسر (نظلله) ثم نضغط السهم المتجه لليسار حتى ننقل هذا العمود إلي قائمة الأعمدة المستخدمة في الترميز، ونكرر نفس الخطوة لعمود Non_Saudi:

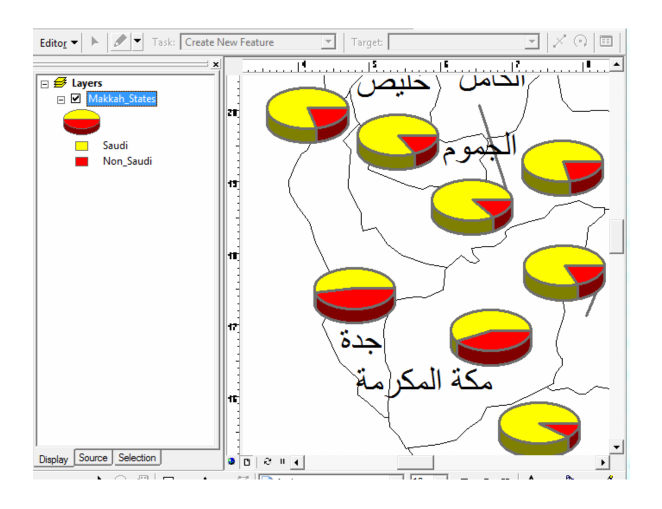


يمكن تغيير لون كل عنصر من العناصر التي سيتم تمثيلها وأيضا تغيير لون الخلفية و نمط الألوان ذاته. إن لم نغير أي شئ نضغط OK:



تكون خريطة التوزيع كالتالي:

بتغيير ألوان التوزيع – لتكون أكثر وضوحا - و استخدام أيقونة تكبير الخريطة نجد:



كل دائرة نسبية (داخل كل محافظة) مقسمة إلي جزأين – غير متساويين بالطبع – أحدهما يمثل السكان السعوديين و الآخر يمثل السكان غير السعوديين. فعلي سبيل المثال نري أن محافظة جدة بها عدد السعوديين يقارب عدد السكان غير السعوديين، بينما في محافظة الجموم مثلا فأن عدد السكان غير السعوديين ربما يكون أقل من ربع عدد السكان السعوديين.

جميع خصائص الترميز يمكن التحكم بها (وتغيير أيا منها) من نافذة الترميز، يمكن للقارئ تغيير العناصر التالية علي سبيل المثال:



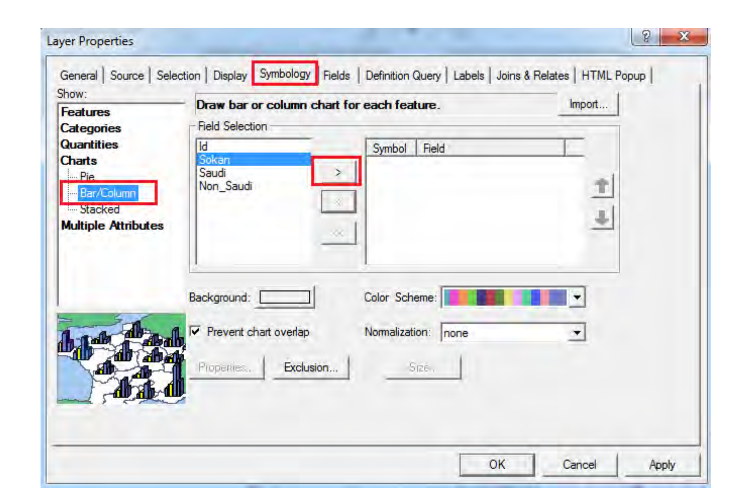


٩-٣-٢ التمثيل بالأعمدة

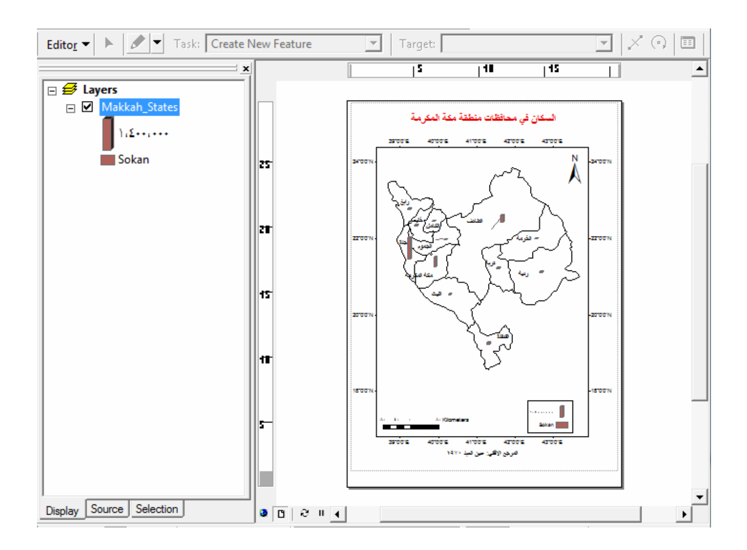
في طريقة التمثيل بالأعمدة البيانية سيقوم برنامج Arc Map برسم عمود بياني داخل كل مضلع وسيكون طول هذا العمود معبرا أو ممثلا للقيمة المطلوب تمثيلها علي الخريطة. أي أن هذه الطريقة تعتمد علي تمثيل عنصر واحد فقط بخلاف طريقة الدوائر النسبية السابقة التي تعتمد علي تمثيل العلاقة النسبية بين عنصرين أو أكثر.

نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع بالرسوم البيانية **Charts** ومنها نختار طريقة الأعمدة **Bar/Column**.

تحت كلمة "اختيار العمود Field Selection" نجد قائمة بأسماء أعمدة الطبقة الحالية. نختار عمود إجمالي عدد السكان Sokan بالماوس الأيسر (نظلله) ثم نضغط السهم المتجه لليسار حتى ننقل هذا العمود إلي قائمة الأعمدة المستخدمة في الترميز:

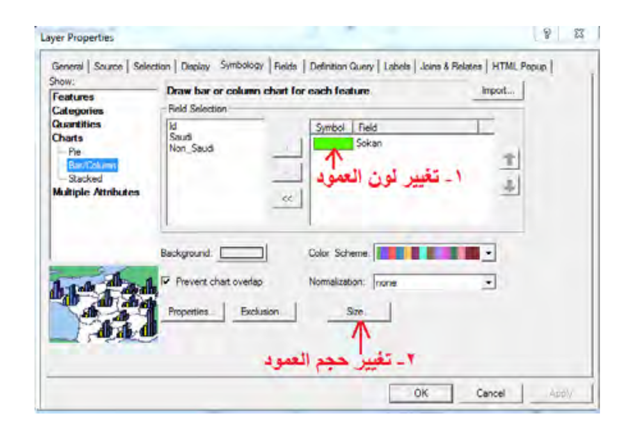


نضغط OK فنرى خريطة التوزيعات:

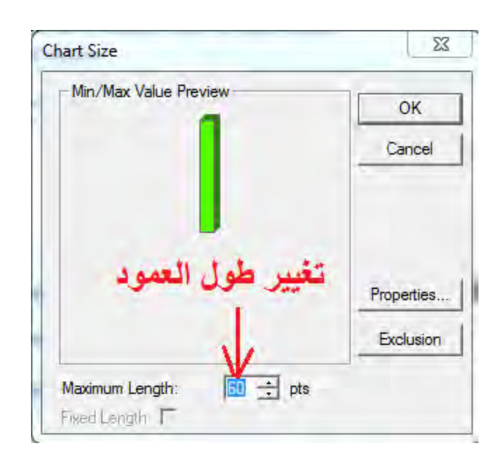


أي أن البرنامج (كما هو واضح في قائمة المحتويات بأيسر الشاشة) قد رسم عمود تقريبا طوله ١ سنتيمتر ليمثل ١،٤٠٠،٠٠٠ نسمة من عدد السكان، وداخل كل محافظة يوجد عمود يتناسب طوله مع عدد سكان المحافظة الفعلي.

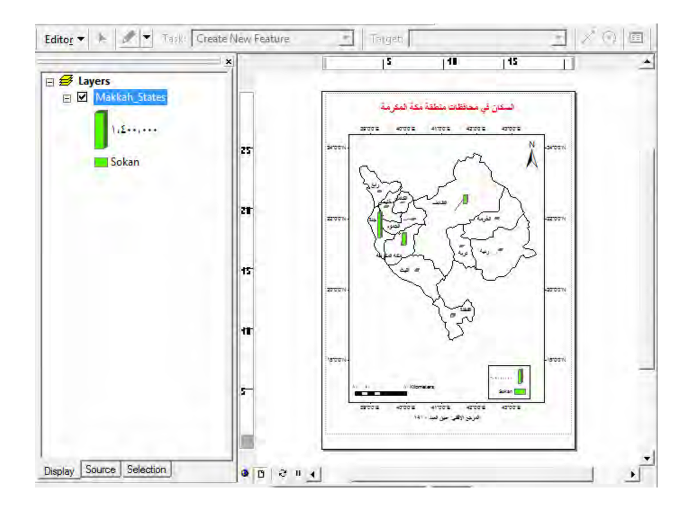
يمكننا تغيير لون العمود الأساسي:



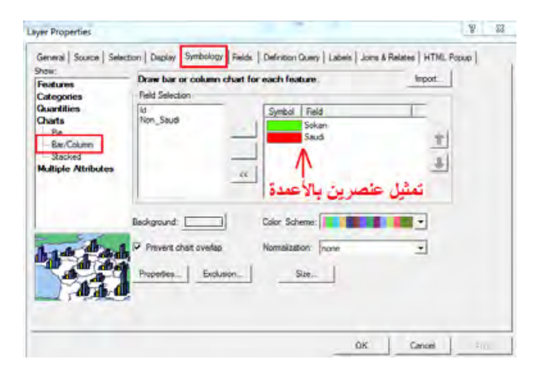
ثم نضغط أيقونة Size وفي الشاشة التالية نزيد من طول العمود الأساسي:



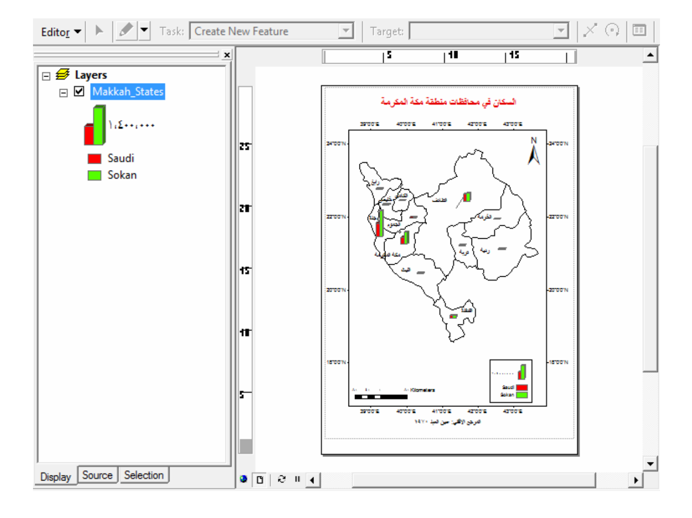
نضغط OK في النافذتين المتتاليتين لنري الخريطة الجديدة:



يمكن استخدام طريقة التمثيل بالأعمدة لتمثيل أكثر من عنصر (قيمة) علي الخريطة. إذا أضفنا عمود السكان السعوديين Saudi إلي قائمة الأعمدة المطلوب تمثيلها:

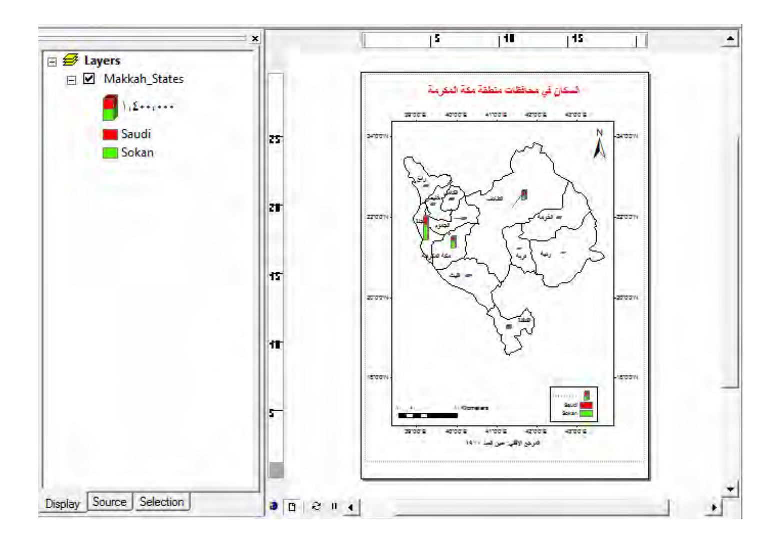


فنحصل علي خريطة بها عمودين داخل كل مضلع (محافظة) أحدهما يمثل عدد السكان الإجمالي للمحافظة بينما يمثل العمود الثاني عدد السكان السعوديين فقط:



٩-٣-٣ التمثيل بالأعمدة المتجمعة

تشبه طريقة الأعمدة المتجمعة الطريقة السابقة (في حالة تمثيل أكثر من عنصر) إلا أن الأعمدة تكون رأسية بدلا من أن تكون أفقية.



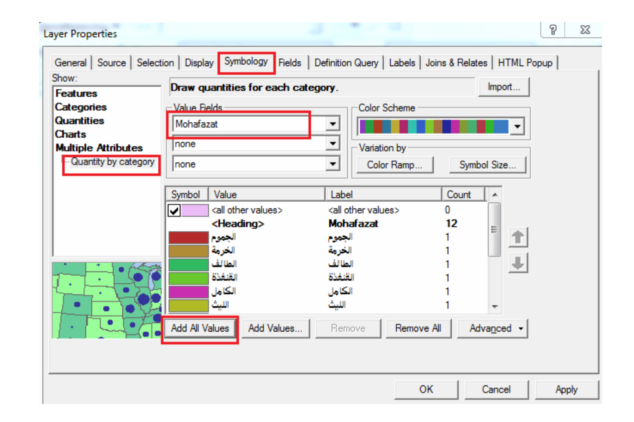
٩-٤ التوزيع المتعدد

يمكن باستخدام هذه الطريقة إعداد خريطة بها نوعين مختلفين من طرق التوزيع، مثلا أحدهما توزيع نوعي (فئوي) والآخر توزيع كمي.

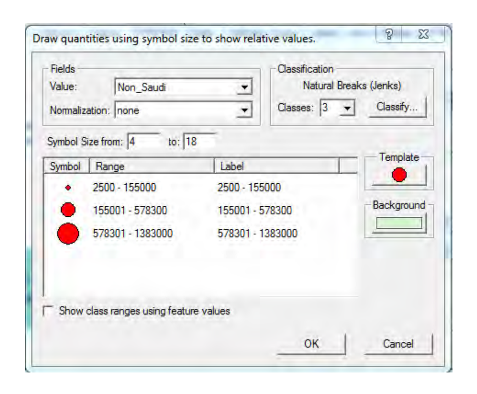
في التمرين الحالي سنقوم بعمل خريطة بها (١) توزيع نوعي للمحافظات بناءا علي الأسماء، (٢) توزيع كمي – بطريقة الرموز المتدرجة مثلا – لأعداد سكان كل محافظة.

نفتح نافذة خصائص الطبقة (طبقة المحافظات) ومن أنواع التوزيع (في أقصي يسار الشاشة) نختار التوزيع المتعدد **Multiple Attributes** ومنها نختار طريقة **التقسيم إلي فئات Quantity by category**.

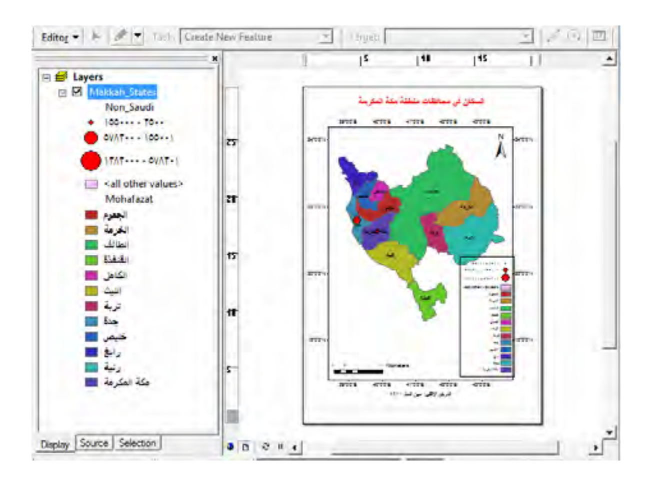
تحت كلمة "اختيار العمود Value Field " نضغط السهم الأسود الصغير و نختار عمود Mohafazat الذي يحتوي أسماء المحافظات، ثم نضغط في أسفل النافذة أيقونة Add All Values:



الآن نضغط أيقونة Symbol Size لإضافة طريقة التوزيع الثانية (بالرموز المتدرجة) ونحدد عدد الفئات المطلوبة Classes بثلاثة ونختار عمود Non_Saudi (عدد السكان غير السعوديين) كقيم التمثيل الكمي المطلوب:

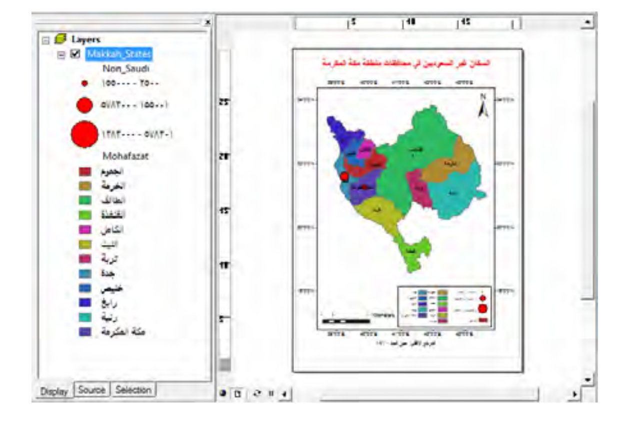


ثم نضغط OK للشاشة الحالية و التالية أيضا حتى نري الخريطة الجديدة:



توضح الخريطة نوعين من التوزيعات: توزيع نوعي للمحافظات و توزيع كمي لعدد السكان غير السعوديين باستخدام طريقة الرموز المتدرجة الحجم.

بالطبع لا بد للخريطة السابقة من إخراج كارتوجرافي سليم، فمثلا نغير مفتاح الخريطة ليكون على أكثر من عمود ويكون ذو حجم مناسب للخريطة ذاتها (كما فعلنا في التمارين السابقة):



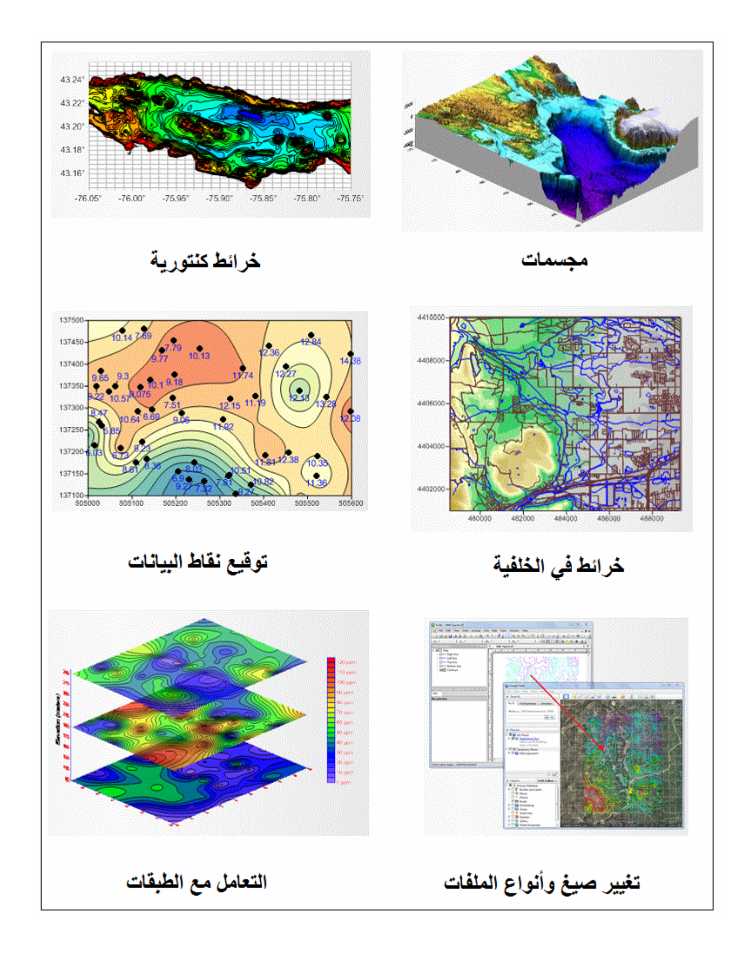
الفصل العاشر

الخرائط الكنتورية والمجسمات ببرنامج Surfer

يعد برنـامج الـسيرفر Surfer مـن أشـهر البـرامج العالميـة المـستخدمة فـي إنـشاء الخـرائط الكنتوريـــة علـــي الأقـــل فـــي مجـــال الهندســـة المـــساحية. طـــورت البرنـــامج شـــركة http://www.goldensoftware.com/ الأمريكية منذ عام ١٩٨٣م، والإصدار الحالي لهذا البرنامج هو الإصدار العاشر.

كما تصدر الشركة عدة برامج أخري تشمل:

- برنامج Map Viewer للخرائط الموضوعية (خرائط التوزيعات).
- برنامج Didger لترقيم الخرائط.
- برنامج Voxler لإنشاء المجسمات ثلاثية الأبعاد.
- برنامج Starter لإنشاء القطاعات.
- برنامج Grapher للرسوم البيانية.



شكل (١٠-١) بعض إمكانيات برنامج السيرفر

تجدر الإشارة – قبل أن نمضي قدما في هذا الفصل – أن برنامج السيرفر يقوم بإنشاء خرائط خطوط القيم المتساوية، و عندما نقول الخرائط الكنتورية فهي خرائط خطوط القيم المتساوية في المنسوب (الارتفاع عن سطح البحر). أي أن البرنامج يقوم بإنشاء **خرائط خطوط التساوي لأي قيمة وليس فقط لقيم المنسوب**، فمن الممكن أن نقوم بإعداد خرائط خطوط التساوي لدرجات الحرارة مثلا أو خرائط خطوط التساوي لنوع التربة أو خرائط خطوط التساوي لأعماق المياه الجوفية. بصفة أساسية فأن برنامج السيرفر يتعامل مع بيانات ثلاثية الأبعاد (س، ص، ع) بحيث يكون أول عنصرين (س،ص) هما الإحداثيات الأفقية بينما القيمة الثالثة أو البعد الثالث (ع) تمثل أي قيمة مطلوب إنشاء خريطة خطوط تساوي لها.

أيضا من المهم مراعاة أن برنامج السيرفر يتعامل مع الإحداثيات الأفقية (س،ص) بحيث:

أولا:
س أو X = الاتجاه الشرقي = خط الطول في الإحداثيات الجغرافية
ص أو Y = الاتجاه الشمالي = دائرة العرض في الإحداثيات الجغرافية

ثانيا:
أن كل عنصر منهما يتكون من رقم واحد فقط، أي أن برنامج السيرفر يتعامل بنفس طريقة برنامج Arc Map في عملية الإرجاع الجغرافي. فإذا كانت الإحداثيات الجغرافية المعلومة (خط الطول و دائرة العرض) بالدرجات و الدقائق و الثواني فيجب تحويل كل إحداثي إلي قيمة واحدة أو رقم واحد فقط (وليس ٣ أرقام) يكون بالدرجات و كسورها. سبق الشرح – في الجزء النظري من الكتاب – أن الدرجة (سواء لخط الطول أو دائرة العرض) تتكون من ٦٠ دقيقة، والدقيقة الواحدة تتكون من ٦٠ ثانية، أي أن الدرجة الواحدة بها ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية. إذن لتحويل قيمة إحداثي مكون من درجات و دقائق وثواني (٣ أرقام) إلي إحداثي مكون من درجات و كسور الدرجات (رقم واحد) فأننا نقسم الدقائق علي ٦٠ ونضيفها للدرجات ونقسم الثواني علي ٣٦٠٠ و نضيفها للدرجات.

مثال:
خط الطول: ١٥" ١٥' ٣٩° شرقا
دائرة العرض: ١٥" ٠' ٢٣° شمالا

خط الطول = (١٥ ÷ ٣٦٠٠) + (١٥ ÷ ٦٠) + ٣٩ = ٣٩.٢٥٤١٦٧ درجة
دائرة العرض = (١٥ ÷ ٣٦٠٠) + (٠ ÷ ٦٠) + ٢٣ = ٢٣.٠٠٤١٦٧ درجة

أي أن: عند كتابة إحداثيات هذه النقطة في ملف البيانات الأساسية فأن إحداثياتها ستكون:

خط الطول = س أو X = ٣٩.٢٥٤١٦٧
دائرة العرض = ص أو Y = ٢٣.٠٠٤١٦٧

١٠-١ استيراد البيانات

تبدأ خطوات التعامل مع برنامج السيرفر باستدعاء أو استيراد البيانات الأساسية المطلوب إنشاء خريطة كنتورية لها. تتكون البيانات الأساسية من بيانات (أو قياسات أو أرصاد) مجموعة من النقاط معلوم عند كل نقطة منهم قيم س، ص، ع (الإحداثيات الأفقية بالإضافة للبعد الثالث المطلوب تمثيله في خطوط تساوي). هناك عدة طرق لإدخال البيانات الأساسية لبرنامج السيرفر منهم: (١) إدخال البيانات باستخدام لوحة المفاتيح، (٢) استيراد البيانات من ملف نصي text file، (٣) استيراد البيانات من ملف اكسل Excel.

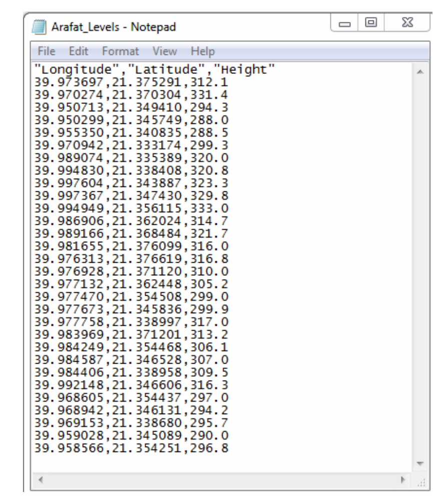
١٠-١-١ استيراد البيانات من ملف نصي:

في حالة التعامل مع برامج أو أجهزة مساحية لقياس المناسيب في الطبيعة فأن هذه البرامج لديها إمكانية تصدير النتائج إلي ملفات نصية، ومن ثم يمكن لبرنامج السيرفر استيراد البيانات من هذا النوع الشائع من أنواع الملفات. أيضا في حالة أننا استخرجنا قيم المناسيب من خرائط مطبوعة فأن كتابة هذه البيانات داخل ملف نصي يكون هو الأسهل.

يتعامل برنامج السيرفر مع الملفات النصية بأسلوب معين يشتمل علي:

- يتكون السطر الأول من الملف من عناوين أو أسماء الأعمدة علي أن يكون أسم كل عمود داخل علامتي تنصيص، مثلا اسم العمود الأول "خط الطول" واسم العمود الثاني "دائرة العرض" .. وهكذا
- تتكون السطور التالية من ٣ قيم لكل نقطة (لكل سطر) يفصل بين كل قيمة و أخري إما علامة الفاصلة أو مسافة فاضيه.
- يفضل (وان كان لا يشترط) أن يكون ترتيب القيم في كل سطر هو: الاحداثي س (خط الطول) ثم الاحداثي ص (دائرة العرض) ثم الارتفاع (أو القيمة المطلوب إعداد خريطة تساوي لها).

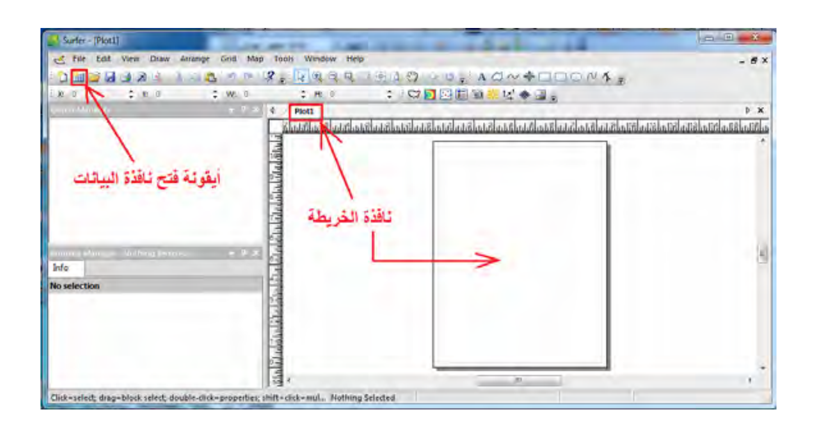
في التمرين الحالي سنتعامل مع بيانات (س،ص،ع) لعدد ٣٠ نقطة لمشعر عرفات بمدينة مكة المكرمة (أرقام غير حقيقية للتدريب فقط). الملف النصي لهذه النقاط في الشكل التالي وعلي القارئ عمل ملف نصي بهذه البيانات ليكمل خطوات التمارين التالية ويكون اسم الملف النصي : Arafat_levels.txt


Arafat_Levels - Notepad
File Edit Format View Help

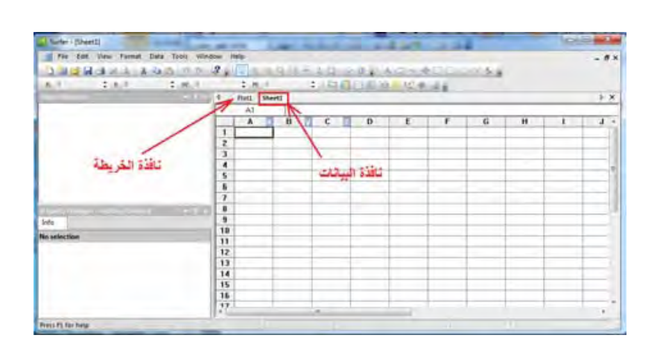
```
"Longitude","Latitude","Height"
39.973697,21.375291,312.1
39.970274,21.370304,331.4
39.950713,21.349410,294.3
39.950299,21.345749,288.0
39.955350,21.340835,288.5
39.970942,21.333174,299.3
39.989074,21.335389,320.0
39.994830,21.338408,320.8
39.997604,21.343887,323.3
39.997367,21.347430,329.8
39.994949,21.356115,333.0
39.986906,21.362024,314.7
39.989166,21.368484,321.7
39.981655,21.376099,316.0
39.976313,21.376619,316.8
39.976928,21.371120,310.0
39.977132,21.362448,305.2
39.977470,21.354508,299.0
39.977673,21.345836,299.9
39.977758,21.338997,317.0
39.983969,21.371201,313.2
39.984249,21.354468,306.1
39.984587,21.346528,307.0
39.984406,21.338958,309.5
39.992148,21.346606,316.3
39.968605,21.354437,297.0
39.968942,21.346131,294.2
39.969153,21.338680,295.7
39.959028,21.345089,290.0
39.958566,21.354251,296.8
```

١٠-١-٢ استيراد البيانات من داخل السيرفر:

نفتح برنامج السيرفر فنجده أنه يبدأ مباشرة بنافذة عرض الخريطة، إلا أننا الآن نحتاج لتفعيل نافذة أخري وهي نافذة البيانات لكي نقوم بإدخال البيانات الأساسية (س،ص،ع) للمشروع الجديد. نضغط علي أيقونة New Worksheet (الموجودة تحت كلمة File) لفتح نافذة بيانات جديدة:



تتكون نافذة البيانات من أعمدة و سطور (مثل صفحة برنامج الإكسل تماما)، مع ملاحظة أن نافذة الخريطة مازالت موجودة ويمكن إظهارها بمجرد الضغط علي أيقونة Plot أي أن المستخدم يستطيع التنقل بين كلا النافذتين (البيانات و الخريطة) باستخدام الماوس



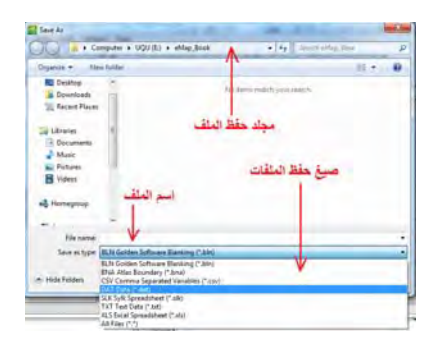
ملاحظ أن العمود الأول A مكتوب بجواره حرف x، بينما العمود B مكتوب بجواره حرف y والعمود الثالث C مكتوب بجواره حرف z (أي أن البرنامج يذكرنا أن العمود الأول يجب أن يحتوي قيم الاحداثي السيني والعمود الثاني مخصص الاحداثي الصادي والعمود الثالث لقيم الارتفاعات). نبدأ في كتابة بيانات النقطة الأول في السطر الأول ثم النقطة الثانية في السطر الثاني ... و هكذا.

Plot1 | Sheet1*

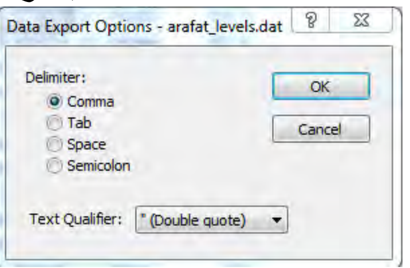
A5

	A x	B y	C z	D	E
1	39.973697	21.375291	312.1		
2	39.970274	21.370304	331.4		
3	39.950713	21.34941	294.3		
4	39.950299	21.345749	288		
5					
6					
7					
8					
9					
10					

إلي أن نكمل إدخال بيانات جميع نقاط التمرين (٣٠ نقطة) ثم نحفظ هذا الملف باستخدام أيقونة الحفظ أو بالضغط علي كلمة File واختيار أمر Save، نحدد المجلد حيث سيتم حفظ الملف كما نحدد اسم الملف وأيضا صيغة (امتداد) الملف. توجد عدة أنواع من صيغ حفظ الملفات التي يدعمها برنامج السيرفر مثل الملفات النصية و ملفات الإكسل، سنختار الآن – علي سبيل المثال - ملف نصي بامتداد DAT:



يسأل البرنامج عن نوع العلامة التي ستفصل بين البيانات (في كل سطر في الملف) وحيث أن الخيار الأول هو علامة الفصلة comma فنضغط OK مباشرة:

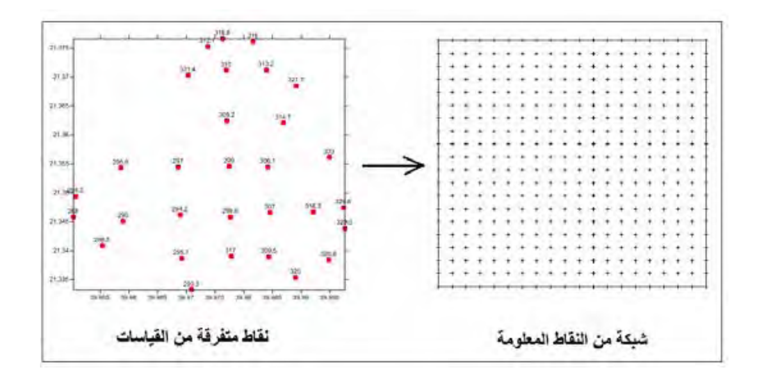


فيتم حفظ الملف.

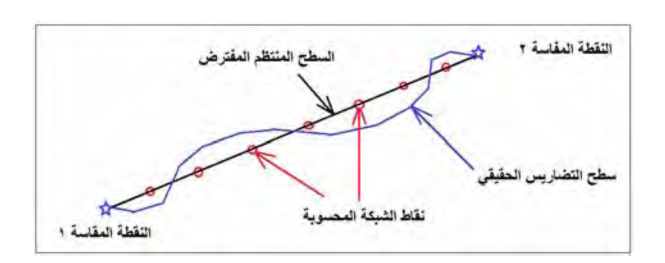
أما ملفات الإكسل فأن برنامج السيرفر يتعامل معها مباشرة كما سنري في التمرين التالي أي أنها لا تحتاج لطريقة محددة في إدخال البيانات.

١٠-٢ إنشاء الشبكات

لكي يقوم برنامج السيرفر بإنشاء خطوط الكنتور (خطوط تساوي القيم) يلزمه تحويل البيانات الأساسية إلي شبكة Grid من النقاط المعلومة. تعد خطوة إنشاء الشبكة من أهم خطوات إنتاج الخريطة الكنتورية لأنها هي الخطوة التي تقوم بتحويل بيانات النقاط المتفرقة والغير موزعة بانتظام علي منطقة الدراسة إلي شبكة (في كلا الاتجاهين السيني و الصادي) من النقاط التي يتم عندها **حساب** القيم الثلاثية (س،ص،ع) لكل نقطة في الشبكة.



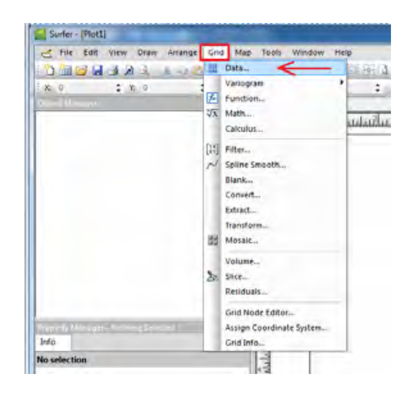
من المهم جدا فهم طبيعة هذه الخطوة وأهميتها بسبب أنها خطوة حسابية يقوم بها البرنامج بناءا علي أوامر المستخدم وقيم العناصر التي يحددها. فيجب – علي سبيل المثال – اختيار حجم مناسب للشبكة (البعد بين كل نقطتين في كلا الاتجاهين) بحيث يكون هذا الحجم مناسبا للبيانات أو القياسات أو الأرصاد الأصلية. مثلا إذا كانت الأرصاد قد تمت في الطبيعة بحيث تكون هناك نقطة مقاسة كل ٥٠٠ متر، فهل من المنطقي أن أجبر البرنامج علي حساب بيانات نقاط الشبكة كل ٥٠ متر؟ سيقوم البرنامج بذلك فعلا ، لكن هذه الشبكة لن تكون معبرة عن تضاريس هذه المنطقة بصورة جيدة. ما سيقوم به البرنامج هو حساب قيمة المنسوب كل ٥٠ متر لكنه سيفترض أن سطح الأرض سيكون منتظما وذا ميل ثابت بين النقطتين المقاستين في الطبيعة، وربما لا يكون هذا هو الوضع الحقيقي لسطح الأرض:



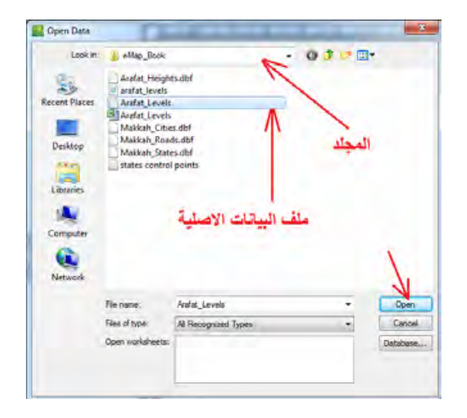
النقطة الثانية الهامة أن عملية الاستنباط Interpolation لقيم مناسيب نقاط الشبكة (من المناسيب المقاسة في ملف البيانات الأصلية) إنما هي عملية رياضية وتوجد عدة طرق أو معادلات حسابية لإتمام هذه العملية. يوفر برنامج السيرفر ١٢ طريقة رياضية مختلفة للاستنباط ولكل طريقة مميزاتها، وعلي المستخدم (في مرحلة متقدمة) أن يعرف الفروق بين كل طريقة و أخري. في الكتاب الحالي الموجه للمستخدم المبتدئ سنتعامل مع طريقة Kriging دون تفصيل لأنها تعد أنسب الطرق لكافة أنواع البيانات.

تتكون خطوات إنشاء الشبكة Grid من النقاط التالية:

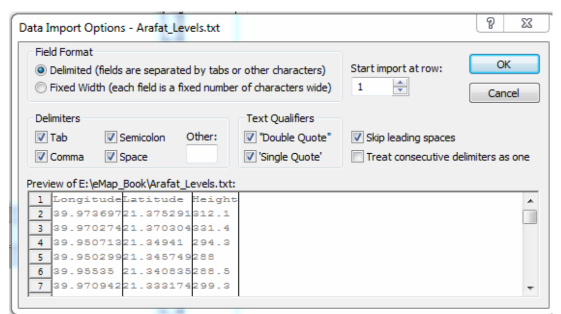
من القائمة الرئيسية لبرنامج السيرفر نضغط أيقونة **Grid** ومن القائمة المنسدلة نختار أمر البيانات **Data**



نختار ملف البيانات الأصلية (سواء كان ملف نصي أو ملف اكسل) ثم نضغط open:

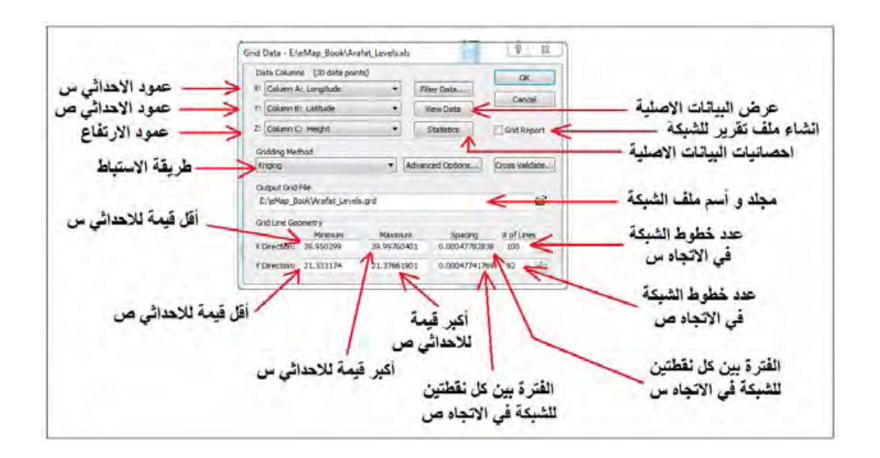


الحالة الأولي: ملف البيانات الأصلية من النوع النصي text:
نتأكد من أن نوع العلامة الفاصلة (التي تفصل بين كل رقمين في الملف الأصلي) سواء كانت الفاصلة العادية أو المسافة الفاضية ....الخ موضوع أمامها علامة صح، وللسهولة يمكن وضع علامة صح أمام كل الأنواع الموجودة بالنافذة ثم نضغط OK:



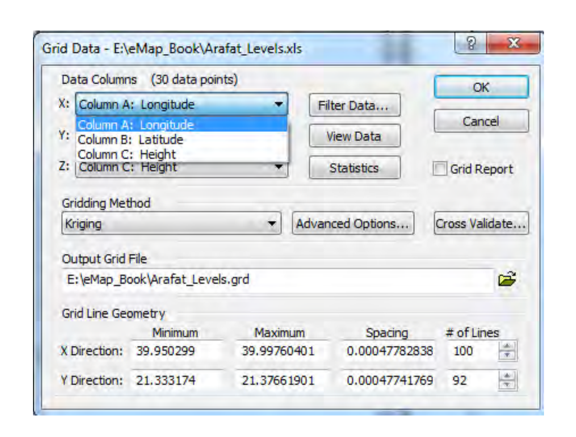
الحالة الثانية: ملف البيانات الأصلية من نوع الإكسل:
لن تظهر الشاشة السابقة لأن برنامج السيرفر يتعامل مع ملفات الإكسل مباشرة كما سبق الذكر.

في كلتا الحالتين فان الشاشة التالية ستكون شاشة تحديد عناصر إنشاء الشبكة:



عمود الاحداثي س أو X: إذا ضغطنا السهم الصغير الأسود نجد قائمة بأسماء كل الأعمدة الموجودة في ملف البيانات الأصلية. إن كان الملف الأصلي به أسم لكل عمود فسيظهر هذا الاسم، وان لم تكن هناك أسماء لأعمدة في الملف الأصلي فستظهر الأعمدة بالحروف A, B, C و هكذا. نختار العمود الذي يحتوي قيم البيانات التي سيمثلها المحور س

(للإحداثيات الجغرافية فأن س يمثل خط الطول كما سبق الذكر). في التمرين الحالي سنختار العمود Longitude



عمود الاحداثي ص أو Y: إذا ضغطنا السهم الصغير الأسود نجد قائمة بأسماء كل الأعمدة الموجودة في ملف البيانات الأصلية. نختار العمود الذي يحتوي قيم البيانات التي سيمثلها المحور س (للإحداثيات الجغرافية فأن ص يمثل دائرة العرض كما سبق الذكر). في التمرين الحالي سنختار العمود Latitude

عمود الارتفاع ع أو Z: إذا ضغطنا السهم الصغير الأسود نجد قائمة بأسماء كل الأعمدة الموجودة في ملف البيانات الأصلية. نختار العمود الذي يحتوي قيم البيانات التي ستمثلها خطوط تساوي القيم أو خطوط الكنتور في المثال الحالي، أي سنختار العمود Heights

تجدر الاشارة إلي أن البرنامج قد بدأ باقتراح أن يكون عمود Longitude هو عمود المحور X وأن عمود Latitude هو عمود المحور Y وأن عمود Heights هو عمود المحور Z (أي بنفس الترتيب الذي نريده بالضبط). السبب في ذلك أننا قد أنشأنا ملف البيانات الأصلية بهذا الترتيب بالضبط، وذكرنا أن هذا الترتيب هو الأفضل للبرنامج وان كان غير إجباري. علي سبيل المثال نفترض أن العمود الأول في ملف البيانات الأصلية كان هو العمود Latitude بينما العمود الثاني هو العمود Longitude، هنا لا بد أن نراعي هذا وعند اختيار عمود المحور X نختار العمود الثاني (Longitude) وليس الأول.

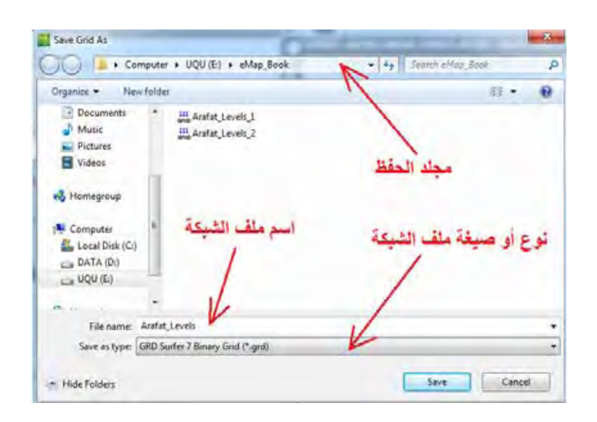
طريقة الاستنباط Gridding Method: إذا ضغطنا السهم الصغير الأسود نجد قائمة بأسماء كل الطرق الرياضية للاستنباط التي يدعمها برنامج السيرفر. لن نغير الطريقة الافتراضية للبرنامج وسنتركها كما هي (في المثال الحالي) وهي طريقة Kriging

عرض البيانات الأصلية: إذا أردنا معاينة ملف البيانات الأصلية (القياسات أو الأرصاد) نضغط أيقونة View Data في يمين النافذة.

عرض إحصائيات ملف البيانات الأصلية: إذا أردنا معرفة إحصائيات البيانات الأصلية (القياسات أو الأرصاد) نضغط أيقونة Statistics في يمين النافذة فيقوم البرنامج بإنشاء ملف نصي text به المعلومات الإحصائية للقياسات.

مجلد و اسم ملف الشبكة Output Grid File: نحدد موقع المجلد و أسم الملف للشبكة التي سيتم إنشاؤها. عادة يقترح البرنامج اسم لملف الشبكة يكون هو نفسه اسم ملفات البيانات

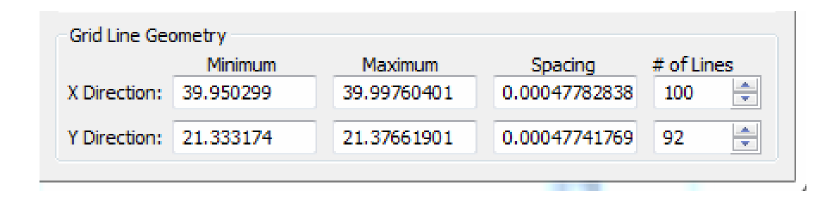
الأصلية لكنه سيكون بامتداد grd ، توجد عدة أنواع أو صيغ لملفات الشبكة وان كان من الأفضل – للمستخدم المبتدئ – التعامل مع نوع grd وعدم تغييره:



مجلد و اسم ملف الشبكة Output Grid File: نحدد موقع المجلد و أسم الملف للشبكة التي سيتم إنشاؤها. عادة يقترح البرنامج اسم لملف الشبكة يكون هو نفسه اسم ملفات البيانات الأصلية لكنه سيكون بامتداد grd ، توجد عدة أنواع أو صيغ لملفات الشبكة وان كان من الأفضل – للمستخدم المبتدئ – التعامل مع نوع grd وعدم تغييره:

حدود الشبكة Grid Line Geometry: من البيانات الأصلية سيقوم برنامج السيرفر بحساب أقل قيمة للاحداثي س (خط الطول) Minimum X وأقل قيمة للاحداثي ص (دائرة العرض) Minimum Y وكذلك أكبر قيمة للاحداثي س (خط الطول) Minimum X وأكبر قيمة للاحداثي ص (دائرة العرض) Minimum Y. غالبا لا يقوم المستخدم المبتدئ بتغيير هذه القيم (يتركها كما هي) بحيث يكون ملف الشبكة المطلوب إنشاؤه يغطي بالضبط حدود موقع الدراسة التي تمثلها نقاط البيانات الأصلية.

فترة الشبكة Spacing: يحسب البرنامج قيمة الفترة interval للشبكة في كلا من الاتجاه س و الاتجاه ص، أي المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين علي الشبكة. تكون وحدات الفترة هي نفس وحدات الإحداثيات الأفقية البيانات الأصلية، مثلا في التمرين الحالي فأن إحداثيات النقاط الأساسية كانت بالدرجات لذلك فأن قيمة الفترة التي سيحسبها البرنامج ستكون بالدرجات أيضا. في المثال الحالي فأن الفترة في الاتجاه س = ٠.٠٠٠٤٧٨٢٨ درجة والفترة في الاتجاه ص = ٠.٠٠٠٤٧٧٤١ درجة:



Grid Line Geometry

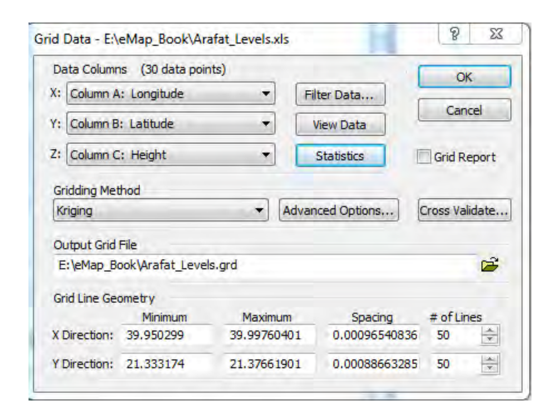
	Minimum	Maximum	Spacing	# of Lines
X Direction:	39.950299	39.99760401	0.00047782838	100
Y Direction:	21.333174	21.37661901	0.00047741769	92

عدد خطوط الشبكة Lines #: بناءا علي حدود المنطقة الجغرافية المطلوبة Grid Geometry و قيمة الفترة Interval فيقوم برنامج السيرفر بحساب عدد خطوط الشبكة في كلا من الاتجاه س و الاتجاه ص. مثلا الشبكة الحالية ستغطي المنطقة التي يتراوح الاتجاه س لها (خط الطول) من ٣٩.٩٥٠٢٩٩ درجة إلي ٣٩.٩٩٧٦٠٤٠١ درجة ويتراوح الاتجاه ص لها (دائرة العرض) من ٢١.٣٣٣١٧٤ درجة إلي ٢١.٣٧٦٦١٩٠١ درجة وستكون فترة الشبكة في الاتجاه س تساوي

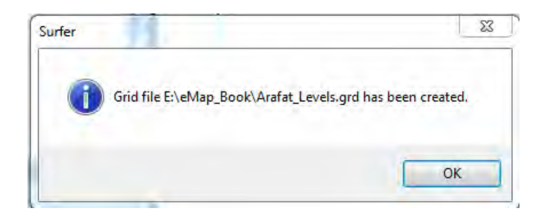
٠.٠٠٠٤٧٧٨٢٨٣٨ درجة و الفترة في الاتجاه ص تساوي ٠.٠٠٠٤٧٧٤١٧٦٩ درجة (كما في الصورة السابقة) لذلك فأن عدد خطوط الشبكة في الاتجاه س = ١٠٠ خط و عدد خطوط الشبكة في الاتجاه ص = ٩٢ خط.

العلاقة وثيقة بين كلا من عدد الخطوط و الفترة، فكلما زادت قيمة الفترة في اتجاه كلما قل عدد خطوط الشبكة في هذا الاتجاه، والعكس صحيح. فإذا أردنا زيادة الفترة – علي سبيل المثال – نقوم بتقليل عدد الخطوط من خلال السهم الصغير الأسود. أما إذا أردنا تصغير الفترة فنقوم بزيادة عدد الخطوط.

في التمرين الحالي سنقوم بتقليل عدد خطوط الشبكة إلي ٥٠ خط فقط في كلا الاتجاهين س ، ص وبالتالي ستزيد قيمة الفترة كما نري:



ثم نضغط OK. عند إتمام إنشاء ملف الشبكة Grid تظهر نافذة بإتمام العملية فنضغط OK



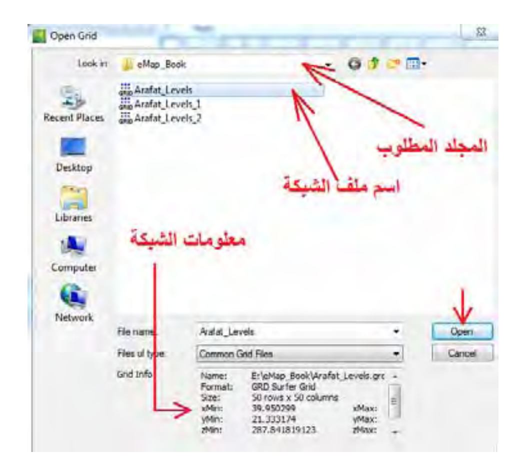
١٠-٣ إنشاء الكنتور (الخريطة الكنتورية)

١٠-٣-١ إنشاء الخريطة بالقيم الافتراضية:

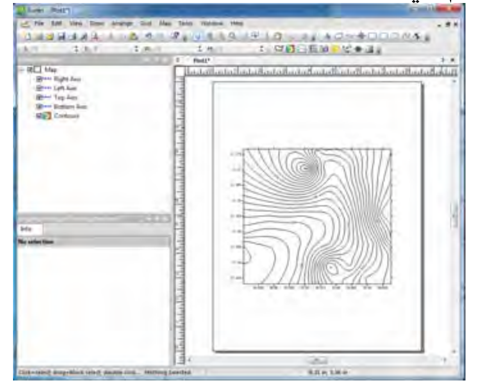
بعد إنشاء الشبكة تصبح الخطوة التالية هي إنشاء الخريطة الكنتورية ذاتها. من القائمة الرئيسية لبرنامج السيرفر نضغط أيقونة **الخرائط Map** ومنها نختار أمر **جديد New** ومن أنواع الخرائط نختار نوع **الخريطة الكنتورية Contour Map**:



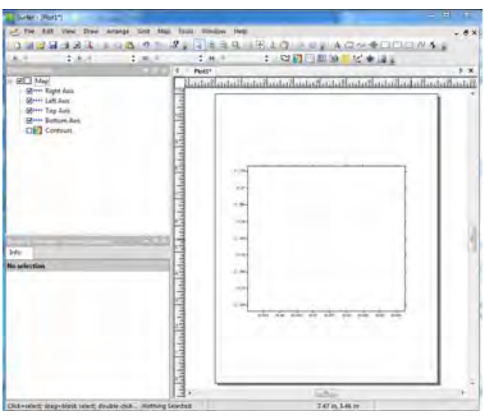
نختار المجلد وكذلك اسم ملف الشبكة grid المطلوب (الذي أنشأنه في الخطوة السابقة) فيعرض لنا السيرفر معلومات أو إحصائيات هذه الشبكة فنضغط Open:



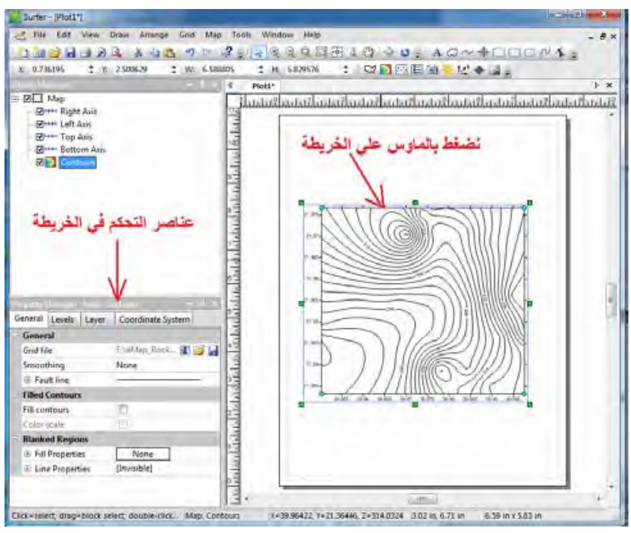
يقوم السيرفر بعرض الخريطة الكنتورية الذي قام بانشاؤها – بالقيم الافتراضية للبرنامج – وستكون الخطوة التالية التحكم في خصائص هذه الخريطة كما يريد المستخدم نفسه:



نلاحظ أن الجزء الأعلى من يسار شاشة البرنامج (مثل قائمة المحتويات في برنامج Arc Map) قد أصبح به الآن كلمة خريطة Map أمامها علامة صح، وتحتها ٤ سطور للمحاور الأربعة لهذه الخريطة ثم كلمة Contour للدلالة علي أنها خريطة كنتورية. إذا أزلنا علامة صح من أمام أي عنصر من عناصر هذه الخريطة سيختفي هذا العنصر من نافذة العرض ذاتها، فمثلا إذا أزلنا علامة صح من أمام كلمة Contour فنجد خطوط الكنتور قد اختفت من الخريطة:



نعيد هذه العلامة مرة أخري لإظهار خطوط الكنتور.
عند الضغط بالموس علي الخريطة الكنتورية سيبدأ ظهور <u>عناصر التحكم</u> في الجزء الأسفل من الشاشة اليسري:



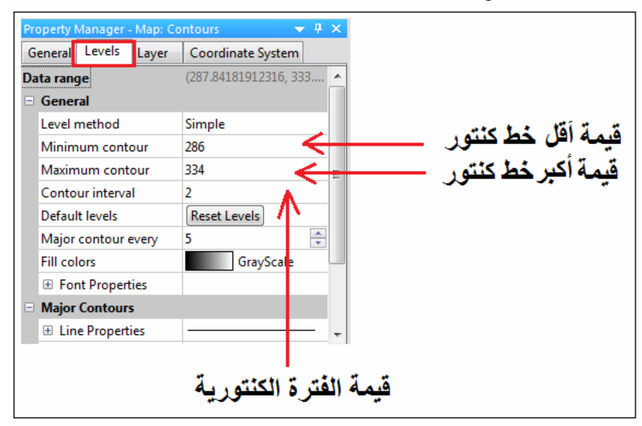
نحفظ المشروع (الخريطة) الحالية باستخدام أيقونة Save أو باستخدام أمر Save من قائمة File من قائمة البرنامج الرئيسية.

١٠-٣-٢ تغيير الفترة الكنتورية:

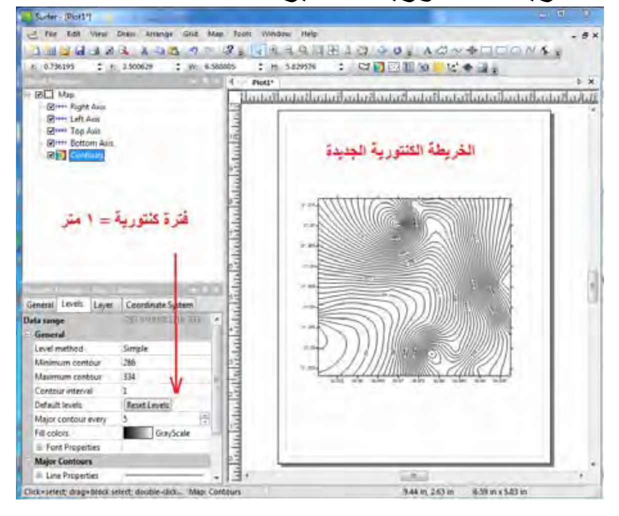
من نافذة خصائص الخريطة الكنتورية نضغط أيقونة المناسيب Levels فنجد ثلاثة بيانات: قيمة أصغر خط كنتور Minimum Contour (في المثال الحالي = ٢٨٦) وقيمة أكبر خط كنتور Maximum Contour (حاليا = ٣٣٤) وكذلك قيمة الفترة الكنتورية Contour Interval (تساوي ٢).

نلاحظ أن برنامج السيرفر لا يحدد وحدات لهذه القيم الثلاثة إن كانت بالمتر أم بالكيلومتر مثلا، والسبب في ذلك أن السيرفر يتعامل مع كافة أنواع البيانات لإنشاء خرائط خطوط التساوي وليس فقط الخرائط الكنتورية. تكون وحدات هذه البيانات هي نفس وحدات البعد أو الاحداثي الثالث في ملف البيانات الأصلية (الذي اعتمدنا عليه في إنشاء ملف الشبكة)، فان كان هذا العمود الثالث في الملف بالأمتار فأن الكنتور سيكون بالأمتار وان كان هذا العمود به مثلا درجات الحرارة فأن خطوط التساوي ستكون أيضا بدرجات الحرارة ... وهكذا.

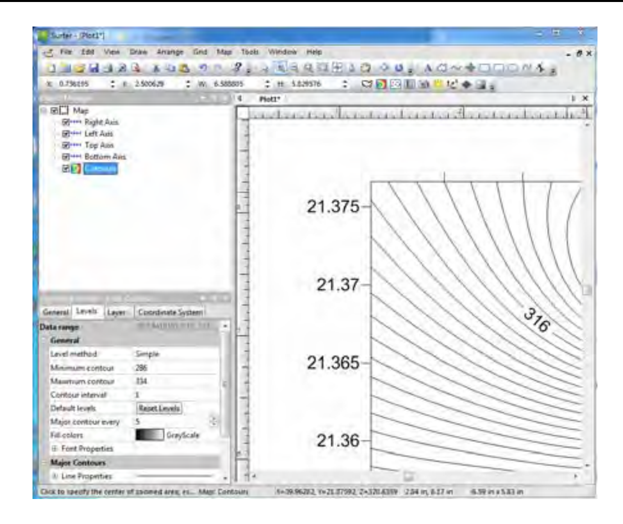
في التمرين الحالي نحن بدأنا بملف بيانات أصلية (قياسات أو أرصاد) لمناسيب سطح الأرض في مشعر عرفات وكان العمود الثالث في الملف هو قيمة المنسوب بالمتر، لذلك ستكون الخريطة الكنتورية الناتجة بالأمتار أيضا.



نغير قيمة الفترة الكنتورية لتصبح ١ متر مثلا بدلا من ٢ ثم نضغط مفتاح Enter من لوحة مفاتيح الكمبيوتر، فنجد الخريطة الكنتورية قد تغيرت:



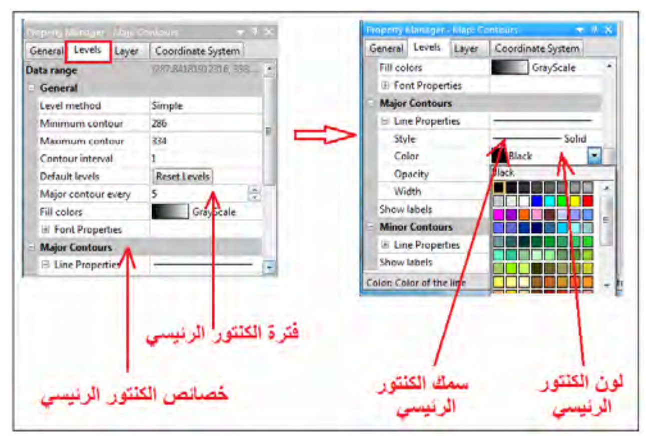
نستخدم أيقونة التكبير Zoom in الموجودة في شريط أدوات البرنامج لنكبر الخريطة الكنتورية لتوضيح تفاصيلها:



نلاحظ أن البرنامج قد كبر أول طرف من الخريطة مباشرة دون أن يتحكم المستخدم في هذا الجزء المطلوب تكبيره، والسبب أن البرنامج به أيقونة أخري للتكبير في جزء معين Zoom Rectangle . و لتصغير الخريطة مرة أخري نستخدم أيقونة التصغير Zoom out ، ولتحريك الخريطة نستخدم أيقونة Pan ولعرض كل الخريطة علي الشاشة مرة أخري (الخريطة فقط) نستخدم أيقونة Fit to window أما لعرض الخريطة في حدود الورقة كلها فنستخدم أيقونة View to page .

١٠-٣-٣ تغيير الكنتور الرئيسي:

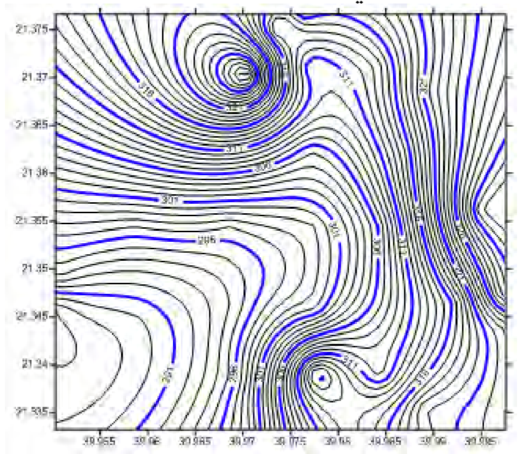
في الخرائط الكنتورية نميز خط كنتور رئيسي كل مجموعة خطوط كنتور بأن نجعله ذو سمك أكبر أو بلون مختلف. مثلا نجعل كل ٥ خطوط كنتور يكون هناك خطا رئيسيا بلون أزرق علي سبيل المثال. يعتمد برنامج السيرفر هذا المبدأ في الخرائط الكنتورية ويمكننا تغيير فترة الكنتور الرئيسي ولون و سمكه أيضا. أمام كلمة Major contour every نحدد الرقم المطلوب، مثلا رقم ٥ يعني أن هناك كنتور رئيسي كل ٥ خطوط كنتور. نضغط علي أيقونة Major Contours لفتح خصائص خطوط الكنتور الرئيسية فنجد مجموعة من الخصائص منها مثلا color لاختيار لون خط الكنتور الرئيسي و Style للاختيار شكل الخط و Width لاختيار سمك الخط:



نختار اللون الأزرق لخطوط الكنتور الرئيسية وكذلك نجعل سمك الخط أكبر من الخطوط العادية:



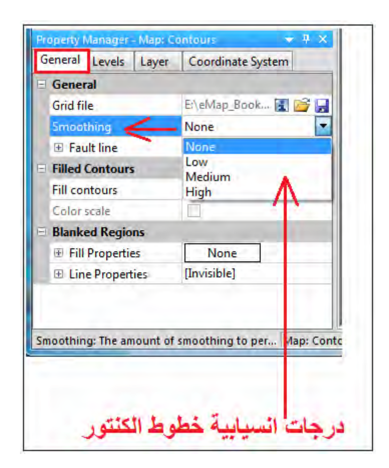
فتصبح الخريطة الكنتورية بالشكل التالي:



١٠-٣-٤ تغيير انسيابية خطوط الكنتور:

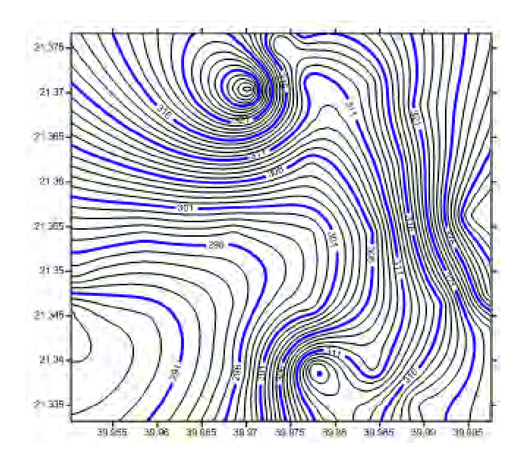
من أهم مميزات برنامج السيرفر في الخرائط الكنتورية (أو خرائط خطوط التساوي بصفة عامة) أن البرنامج يتيح للمستخدم عدة درجات من درجات انسيابية خطوط الكنتور لتصبح ذات شكل انسيابي غير متكسر بشدة (يعكس برامج أخري مثل Arc Map التي لا توفر هذه الخاصية عند إنشاء خطوط الكنتور).

نضغط أيقونة **General** ومنها نختار أمر الانسيابية **Smoothing** نجد عدة أنواع: Low انسيابية قليلة و Medium انسيابية متوسطة و High انسيابية عالية:





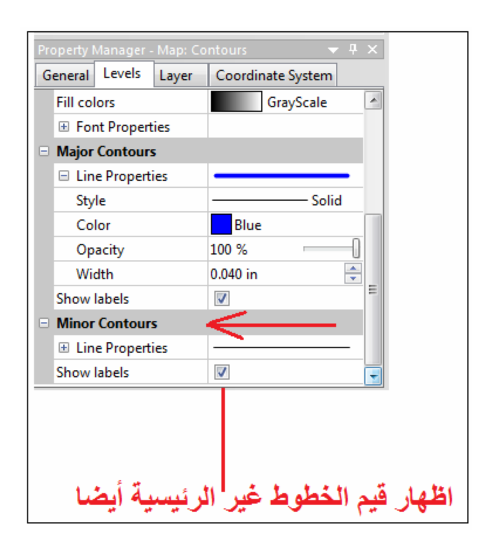
فتصبح الخريطة الكنتورية بالشكل التالي الأكثر انسيابية:



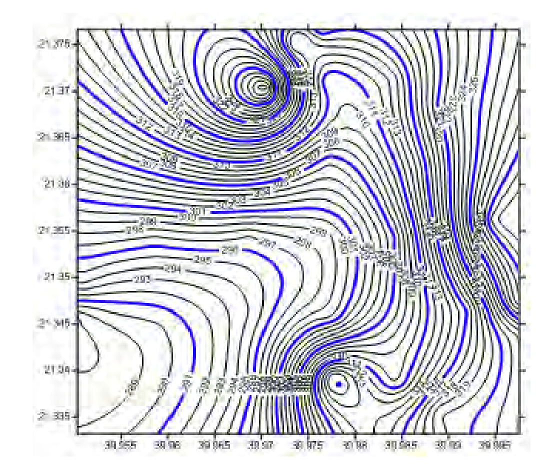
١٠-٣-٥ تغيير قيم خطوط الكنتور على الخريطة:

نلاحظ أن الخرائط السابقة (حتى الآن) يظهر بها قيمة خطوط الكنتور للخطوط الرئيسية فقط أي كل ٥ خطوط كنتور.

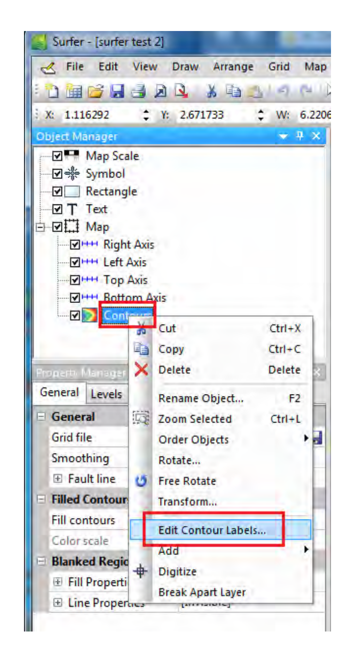
لإظهار قيم خطوط الكنتور علي الخطوط غير الرئيسية أيضا: نضغط أيقونة الخطوط غير الرئيسية Minor Contours ومنها نضع علامة صح أمام مربع Show labels لكي يتم إضافة قيم الكنتور إلي كل الخطوط وليس الخطوط الرئيسية فقط:



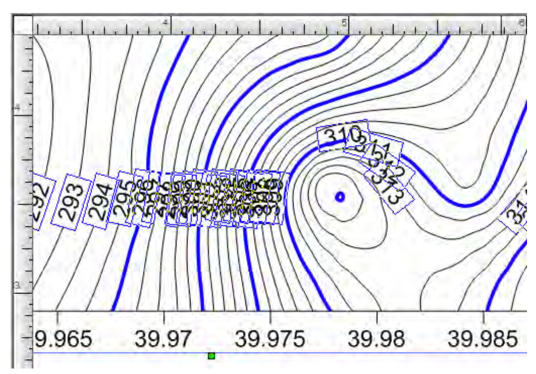
فتصبح الخريطة الكنتورية بالشكل التالي:



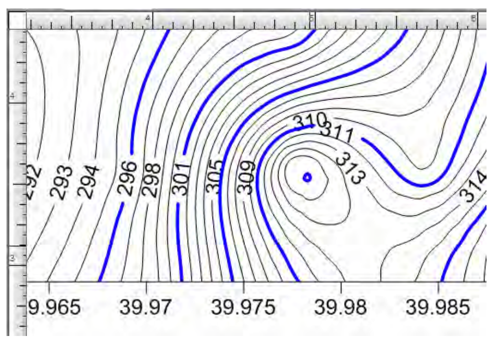
نلاحظ في أسفل الخريطة أن بعض قيم الكنتور قريبة جدا من بعضها وربما ستكون متداخلة و غير واضحة عند طباعة الخريطة. من الممكن أن نحذف قيمة خط كنتور محدد (من الخريطة) بأن نظلل الخريطة الكنتورية في قائمة المحتويات (كلمة contours) ثم نضغط الماوس الأيمن و نختار من القائمة المنسدلة أمر تعديل أسماء خطوط الكنتور Edit Contour Labels:



شكل الخريطة سيكون:



الآن سيتم تظليل قيم أسماء (قيم) الكنتور علي الخريطة وسيتحول شكل الماوس إلي مثلث أسود صغير فنقوم باختيار قيمة خط الكنتور المطلوب ثم نضغط مفتاح delete من لوحة مفاتيح الكمبيوتر. فيصبح شكل الخريطة (بعد حذف بعض القيم) كالتالي:

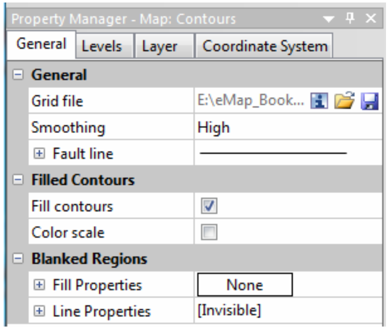


مما يجعل الخريطة أسهل في التفسير.

١٠-٣-٦ تلوين ما بين خطوط الكنتور:

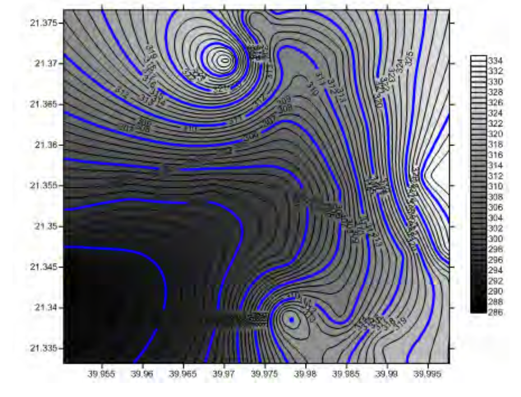
في بعض الأحيان تكون الألوان أكثر تعبيرا عن التغير في تضاريس الأرض التي تمثلها خطوط الكنتور علي الخريطة، بمعني ملئ المساحات بين خطوط الكنتور علي الخريطة بألوان بدلا من تركها بيضاء.

نضغط أيقونة **General** ومنها نختار الكنتور بالألوان **Filled Contours** ونضع علامة صح أمام كلمة Fill contours:

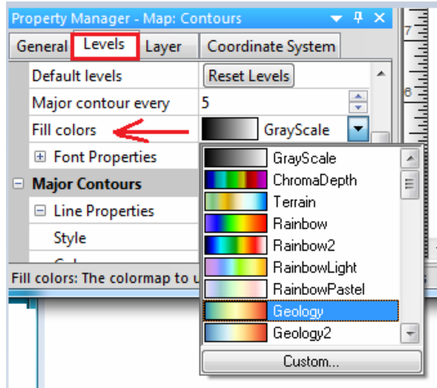


أيضا نضع علامة صح أمام كلمة Color scale لإظهار مفتاح الخريطة.

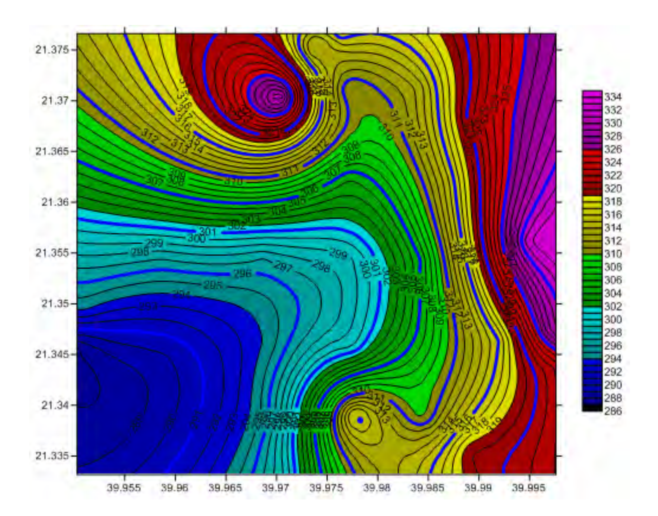
فتصبح الخريطة الكنتورية بالشكل التالي (بدرجات اللون الأسود فقط):



لتغيير نمط الألوان المستخدمة نعود إلي أيقونة **Levels** مرة أخري و منها نضغط علي أيقونة **Fill contours** لنختار نمط ألوان آخر:

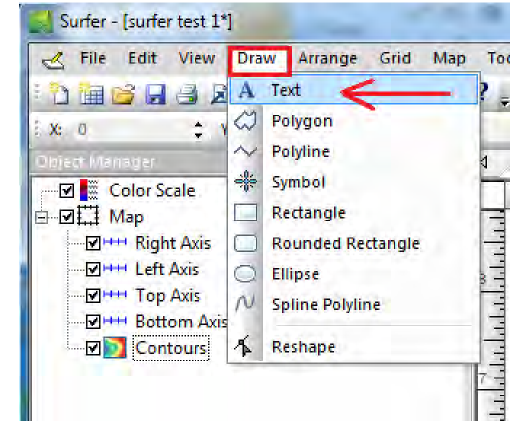


فتصبح الخريطة الكنتورية بالشكل الجديد التالي (بالألوان):

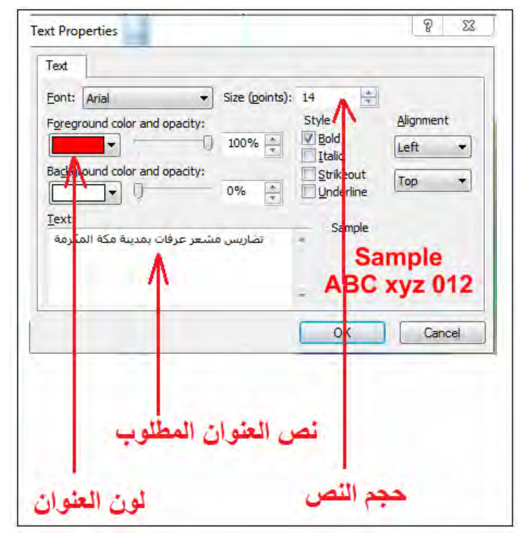


١٠-٣-٧ إضافة عنوان الخريطة:

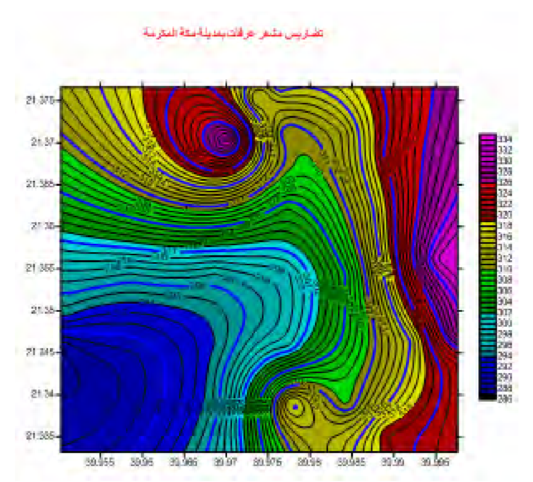
لإضافة عنوان للخريطة نضغط أيقونة الرسم **Draw** من القائمة الرئيسية ثم نختار أمر نص **Text**:



ثم نضغط بالماوس في أي مكان علي الخريطة فيتم فتح نافذة لإدخال النص المطلوب و التحكم في خصائصه من حيث حجم البنط و لونه:



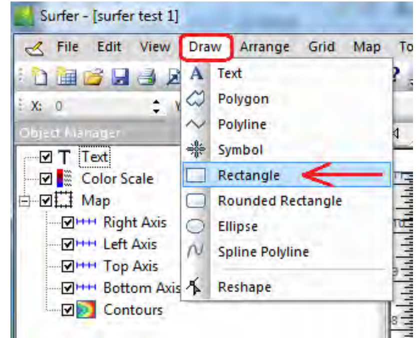
نضغط OK لإضافة العنوان، ولكي نحركه من مكانه إلي منتصف الخريطة – مثلا – نختار أيقونة [icon] ونسحب العنوان للمكان المطلوب:



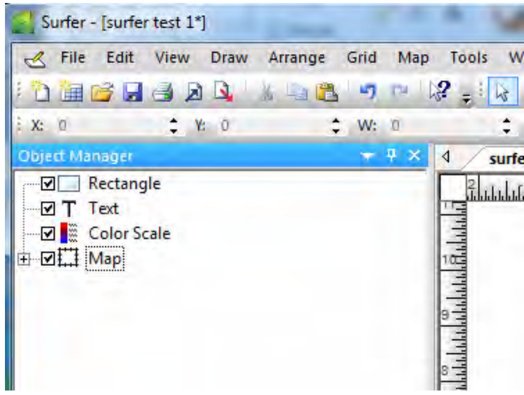
بنفس الطريقة يمكن إضافة أي نص آخر علي الخريطة.

١٠-٣-٨ إضافة إطار للخريطة:

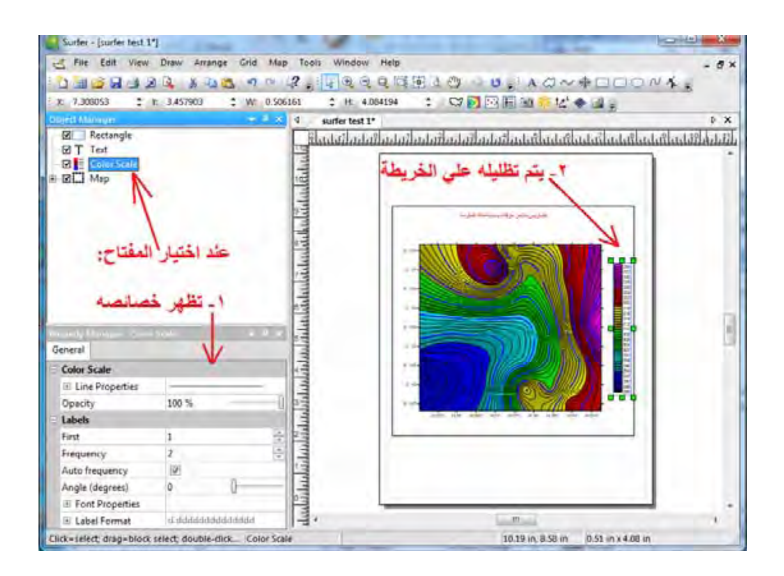
لإضافة إطار للخريطة نضغط أيقونة الرسم **Draw** من القائمة الرئيسية ثم نختار أمر مستطيل **Rectangle**:



نلاحظ أن قائمة المحتويات (الجزء العلوي اليسار من الشاشة) أصبحت تضم ٤ عناصر: الإطار Rectangle و النص (العنوان) Text و مفتاح الخريطة Color scale والخريطة ذاتها Map:

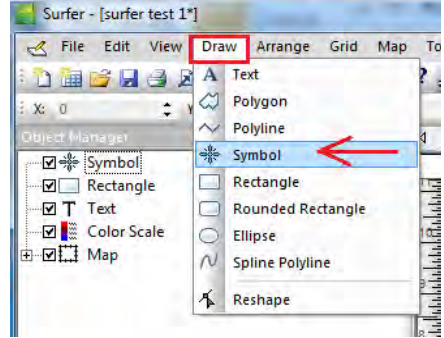


فإذا أردنا التعامل مع أي عنصر منهم فيجب أولا اختياره (تظليله بالماوس) من قائمة المحتويات. فمثلا إذا أردنا تحريك مفتاح الخريطة فنظلله أولا بالماوس الأيسر في قائمة المحتويات ثم نبدأ في تحريكه في نافذة العرض.

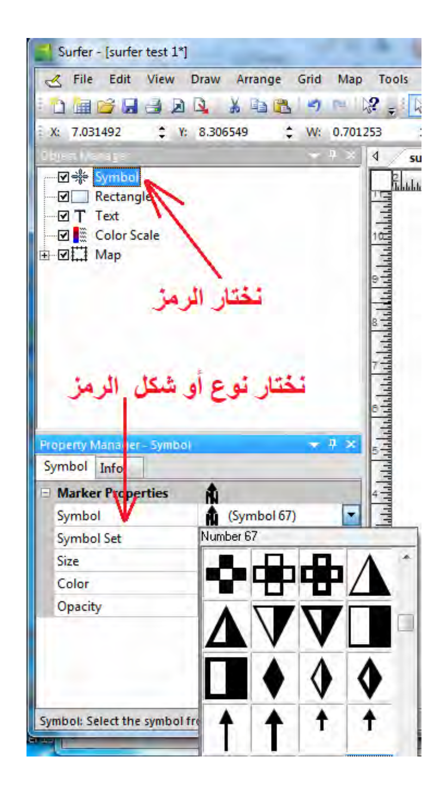


١٠-٣-٩ إضافة اتجاه الشمال للخريطة:

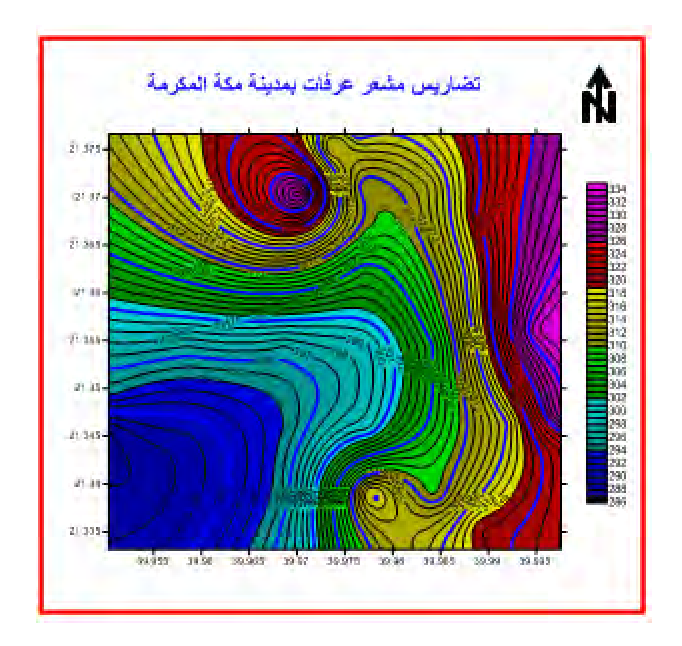
لإضافة اتجاه أو سهم الشمال للخريطة نضغط أيقونة الرسم **Draw** من القائمة الرئيسية ثم نختار أمر رمز **Symbol**:



سيضاف الرمز Symbol إلي قائمة المحتويات، نختاره بالماوس لفتح خصائصه ونضغط أيقونة Symbol لفتح نافذة بها أشكال الرموز فنختار منهم شكل اتجاه سهم الشمال (نتحرك بالماوس لأسفل في هذه القائمة لاستعراض كل الأشكال):

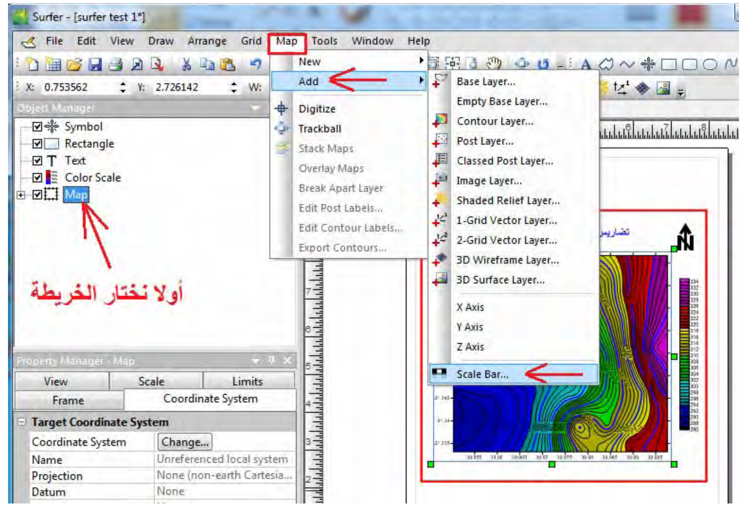


فتصبح الخريطة الآن بالشكل التالي:



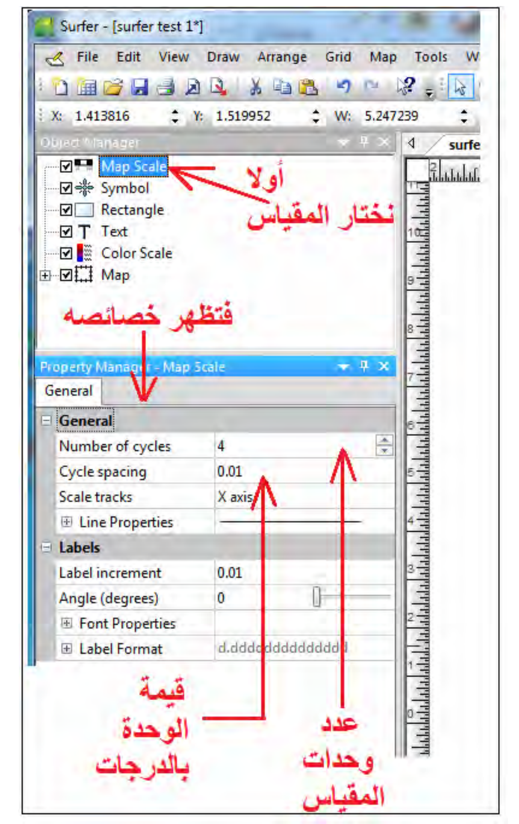
<u>١٠-٣-١٠ إضافة مقياس رسم الخريطة:</u>

<u>أولا</u> نختار (بالماوس) الخريطة Map من قائمة المحتويات، ثم نضغط أيقونة الخريطة Map من شريط الأدوات الرئيسي لبرنامج السيرفر و منه نختار أمر إضافة Add ثم نختار أمر مقياس الرسم Scale Bar:



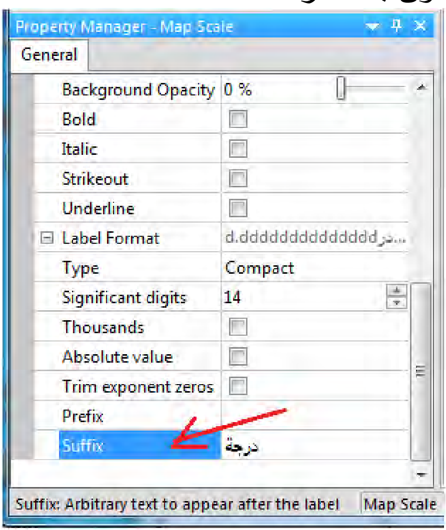
ملحوظة: إن لم نختار الخريطة من قائمة المحتويات فأن قائمة Add لن تكون نشطة ! ولن يمكن إضافة مقياس الرسم.

الآن يتم إضافة مقياس رسم علي الخريطة ، وأيضا يتم إضافته Map Scale في قائمة المحتويات. إن أردنا تغيير خصائص مقياس الرسم نضغط علي Map Scale في قائمة المحتويات لتظهر خصائصه.

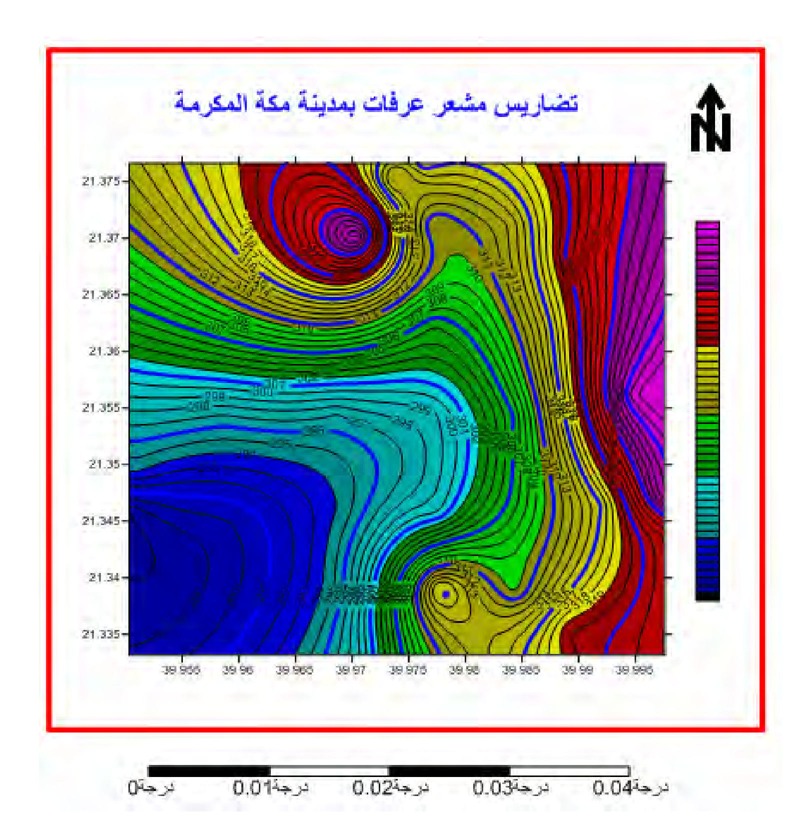


مثلا نكتب كلمة درجة أمام سطر Suffix (في أقصي أسفل نافذة الخصائص) ليتم كتابة هذه الكلمة أمام مقياس الرسم للدلالة علي أن وحدات المقياس بالدرجات.

طبعا نحن نعرف أن مقياس الرسم في التمرين الحالي سيكون بالدرجات بسبب أن الإحداثيات التي بدأنا بها في ملف البيانات الأصلية (خط الطول Longitude ودائرة العرض Latitude) كانت بالدرجات. أما إن كان الملف الأصلي به إحداثيات مترية مثلا من نوع UTM فأن مقياس الرسم سيكون بالأمتار.

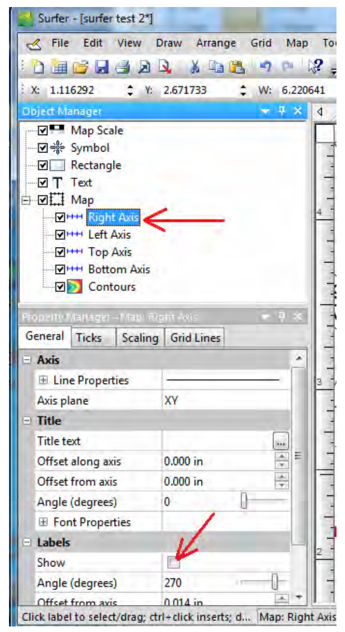


يصبح شكل الخريطة الجديد كالتالي:



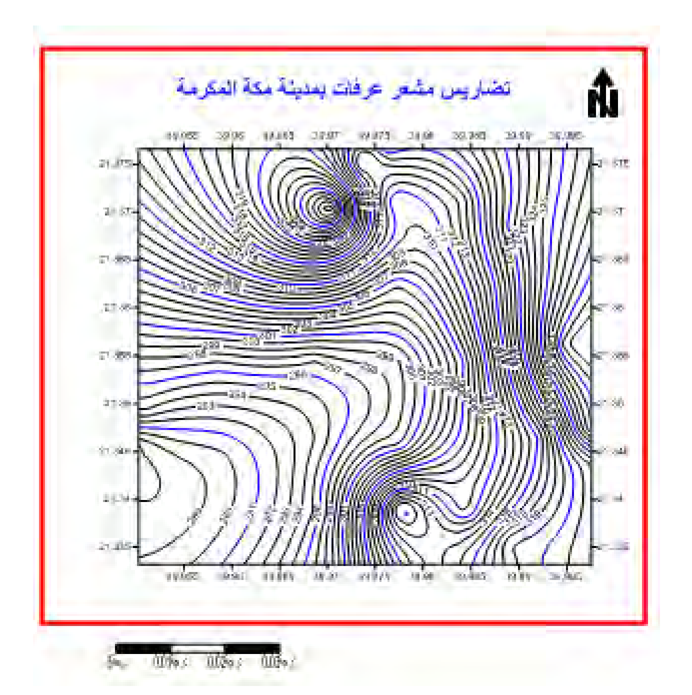
١٠-٣-١١ التحكم في محاور الخريطة:

في الشكل السابق نلاحظ أن قيم الإحداثيات تظهر فقط علي المحور الأيسر و المحور الأسفل من محاور الخريطة. إذا أردنا إظهار قيم الإحداثيات علي المحور الأيمن (علي سبيل المثال) فنضغط في قائمة المحتويات علي المحور الأيمن Right Axis (تحت كلمة Map) فتظهر خصائصه:



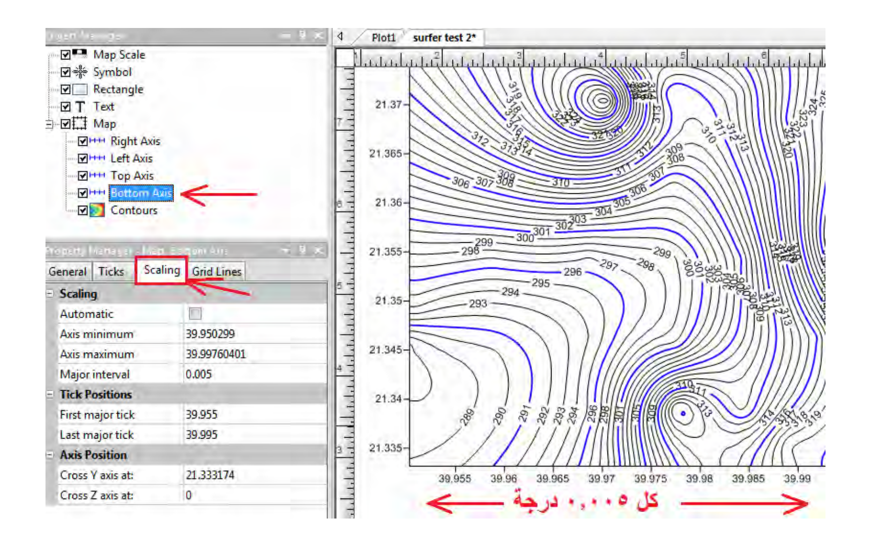
نقوم بوضع علامة صح أمام كلمة Show لإظهار الإحداثيات علي هذا المحور.

يمكن تكرار نفس الخطوات للمحور الأعلي للخريطة Top Axis لتكون الخريطة الآن كالتالي:

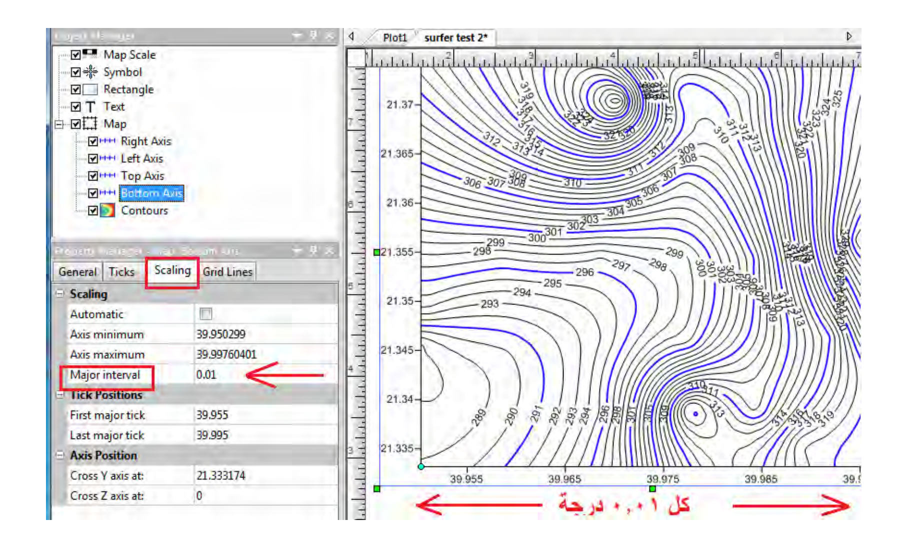


أما للتحكم في قيم الإحداثيات ذاتها في أي محور من محاور الخريطة (لنأخذ مثلا المحور الأسفل) فنضغط كلمة Bottom Axis في قائمة المحتويات فتظهر خصائص المحور الأسفل:

نلاحظ في الخريطة أن فترة كتابة قيم الإحداثيات علي المحور الأسفل تساوي ٠.٠٠٥ درجة:



فنضغط أيقونة التدرج Scaling ونغير قيمة الفترة الرئيسية Major interval من ٠.٠٠٥ درجة إلي ٠.٠١ درجة مثلا:



يمكن تكرار نفس الخطوات للمحاور الأخرى للخريطة.

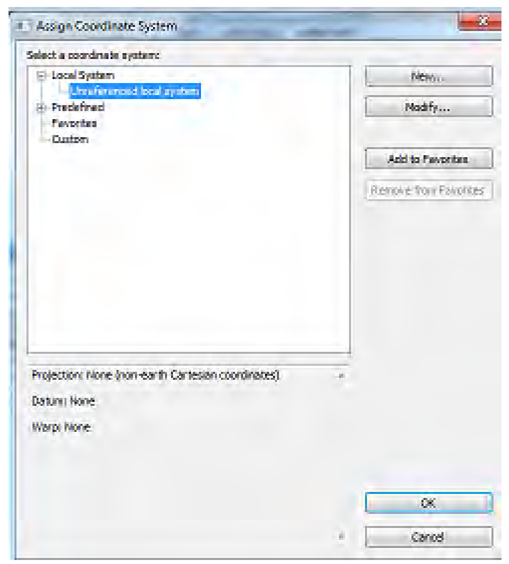
١٠-٣-١٢ تحديد مسقط الخريطة:

تحديد المرجع الجيوديسي Datum و نظام الإحداثيات للخريطة يعد من أساسياتها (كما سبق الذكر في الجزء النظري) ويجب إتمام هذه الخطوة قبل تصدير الخريطة إلي صيغة أخري ليتم التعامل معها في أية برامج خرائطية أخري (مثل الارك ماب أو الجلوبال مابر). كما أن تحديد نوع الإحداثيات الأفقية لبرنامج السيرفر سيجعله يتم أية خطوات حسابية أخري بدقة، فبرنامج السيرفر لديه إمكانيات هندسية أخري كثيرة جدا بخلاف إعداد الخرائط فمثلا يمكنه حساب كميات الحفر و الردم اللازمة عند تسوية هذه المنطقة الجغرافية عند منسوب معين أو حسابات

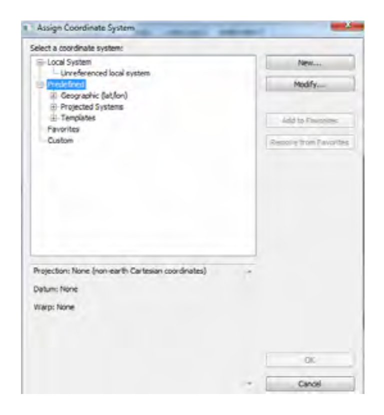
الحفر والردم لإنشاء طريق في هذه المنطقة .... الخ (لكننا هنا في هذا الكتاب <u>سنكتفي فقط</u> بالتعامل مع برنامج السيرفر في إعداد الخرائط الكنتورية).

نضغط بالماوس علي الخريطة Map في قائمة المحتويات، ثم نضغط أيقونة نظام الإحداثيات Coordinate System من خصائص الخريطة فتظهر خصائص المرجع و الإحداثيات للخريطة الحالية، وبها نجد أن نظام الإسقاط Projection مكتوب أمامه None وكذلك المرجع Datum مكتوب أمامه None، أي أنه حتى الآن فأن هذه الخريطة <u>ليس لها</u> مرجع و نظام إسقاط محددين. نضغط أيقونة التغيير Change الموجودة بجوار كلمة Coordinate System:

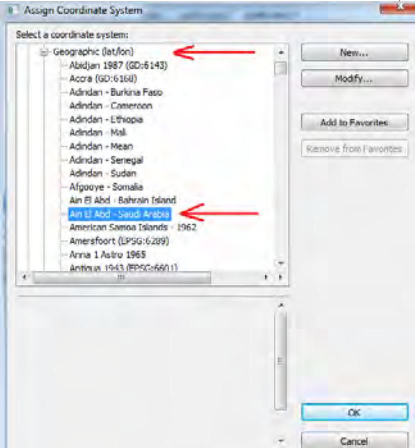
من النافذة الجديدة نختار أيقونة Predefined لعرض قائمة المراجع و نظم الإحداثيات التي يدعمها برنامج السيرفر:



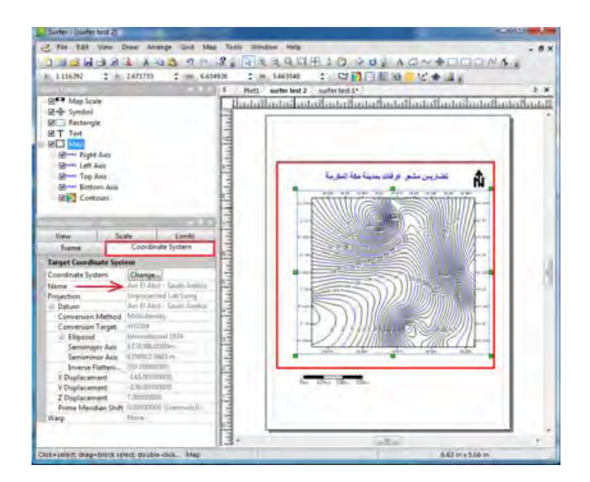
نجد لدينا ٣ اختيارات: النوع الأول هو الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض) Geographic (lat/lon) والنوع الثاني هو الإحداثيات المسقطة أو المترية Projected Systems بينما النوع الثالث يتعلق بنماذج معينة لنظام إحداثيات محدد سبق للمستخدم إنشاؤه و حفظه في ملف Templates:



طالما أننا نعرف – من ملف البيانات الأصلية الذي بدأنا به هذه التمرينات – أن الإحداثيات الأفقية للتمرين الحالي كانت خطوط الطول و دوائر العرض فسنأخذ الاختيار الأول Geographic فتظهر لنا قائمة بكل المراجع الجيوديسية Datums المستخدمة في معظم دول العالم ومنها نختار مرجع "عين العبد" لأنه المرجع الوطني السعودي. نلاحظ هنا أن مرجع عين العبد له نوعان مختلفان: الأول Ain El Abd – Bahrain Island وهو خاص بمملكة البحرين ، والثاني Ain El Abd – Saudi Arabia وهو الخاص بالمملكة العربية السعودية. نختار النوع الثاني ثم نضغط OK:

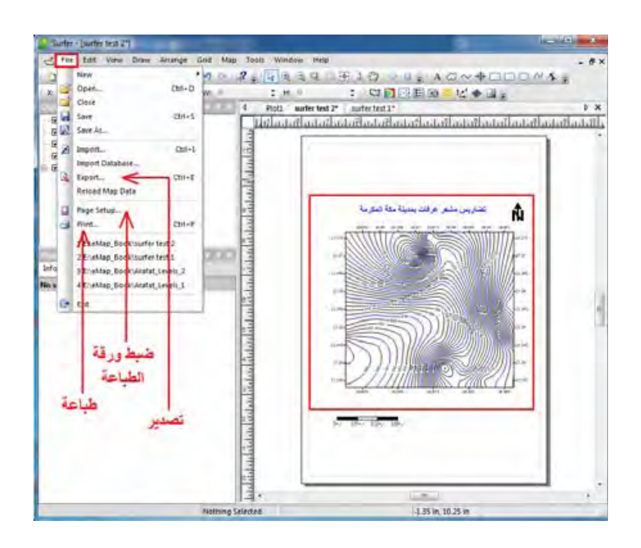


نعود لشاشة الخريطة الكنتورية فنجد أن أسم مرجع عين العبد قد ظهر الآن تحت أيقونة Coordinate System :



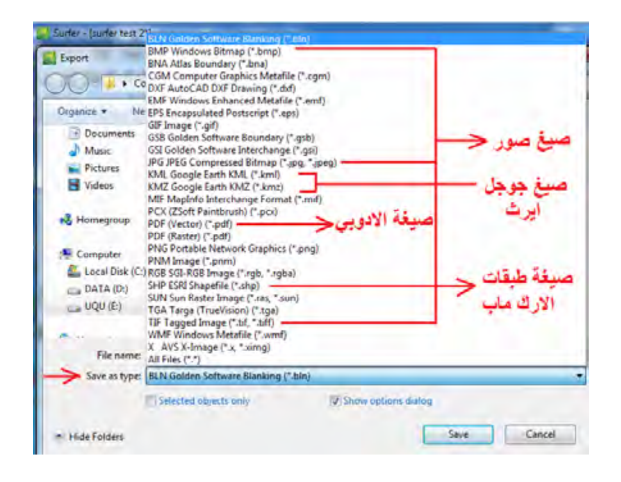
١٠-٤ طباعة و تصدير الخريطة

من شريط الأدوات الرئيسي لبرنامج السيرفر نضغط أيقونة **File** فنجد في القائمة المنسدلة: أمر Page setup لضبط خصائص ورقة الطباعة، لأمر Print لطباعة الخريطة في حالة وجود طابعة متصلة بالكمبيوتر، أمر Export لتصدير الخريطة إلي صيغة أخري:



بالضغط علي أمر التصدير **Export** ثم فتح السهم الصغير بجوار كلمة Save as type نجد أن برنامج السيرفر يدعم عدة أنواع من الملفات التي يمكنه تصدير الخريطة الكنتورية إلي أيا منها مثل:

- صيغ الصور مثل bmp, gif, tiff, jpg
- صيغة shp الخاصة بطبقات الارك ماب SHP ESRI shapefile
- صيغة ملفات pdf الشهيرة
- صيغ kml, kmz الخاصين ببرنامج الجوجل ايرث
- صيغة dxf الخاصة ببرنامج الأوتوكاد:



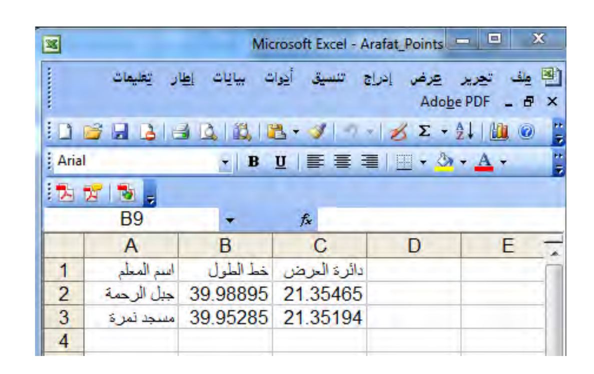
نختار نوع (صيغة) الملف المطلوب و نحدد أسمه و مجلد الحفظ ثم نضغط OK.

١٠-٥ إضافة خريطة نقاط

في بعض الأحيان يكون إضافة خريطة نقاط علي الخريطة الكنتورية أمرا هاما لبيان مواقع نقاط محددة لها أهمية خاصة. كما ذكرنا أن برنامج السيرفر يقوم بإنشاء خرائط خطوط التساوي لأي قيمة (وليس فقط الخرائط الكنتورية التي تمثل المناسيب أو الارتفاعات). فعلي سبيل المثال إذا قمنا بعمل خريطة تساوي درجات الحرارة فمن المهم أن نحدد عليها مواقع الرصد المناخية ذاتها. أيضا في الخرائط الكنتورية فأننا أحيانا نريد توقيع النقاط الأصلية التي تم القياس (الرصد) عندها.

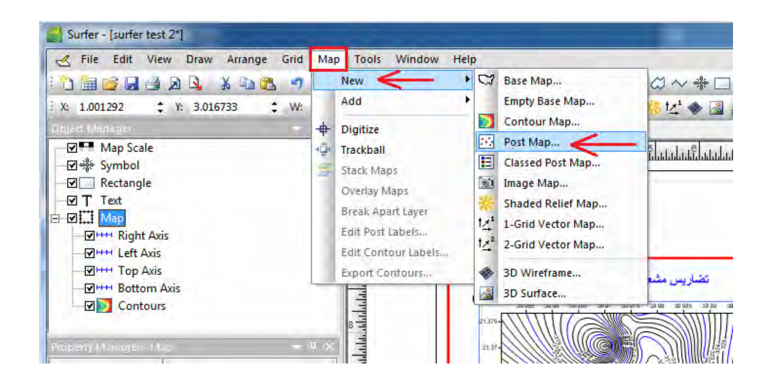
يستطيع برنامج السيرفر إنشاء **خريطة نقاط Post Map** وإما أن نطبعها لوحدها أو نضمها لمشروع الخريطة الكنتورية لطباعتهم معا في ورقة واحدة.

في التمرين الحالي سنقوم بعمل خريطة نقاط توضح مكان جبل الرحمة و مسجد نمرة في مشعر عرفات بمدينة مكة المكرمة (من قام منكم بالحج يعلم أهمية هذين المكانين). أولا سنقوم بإنشاء ملف اكسل (يمكن أيضا إنشاء ملف نصي text) يحتوي إحداثيات هذين المكانين:



لاحظ أننا لم نراعي – هنا – الترتيب المفضل للبيانات كما فعلنا في التمرين الأول في الفصل الحالي لأننا قد تعلمنا عملية اختيار الأعمدة أثناء استدعاء البيانات في برنامج السيرفر.

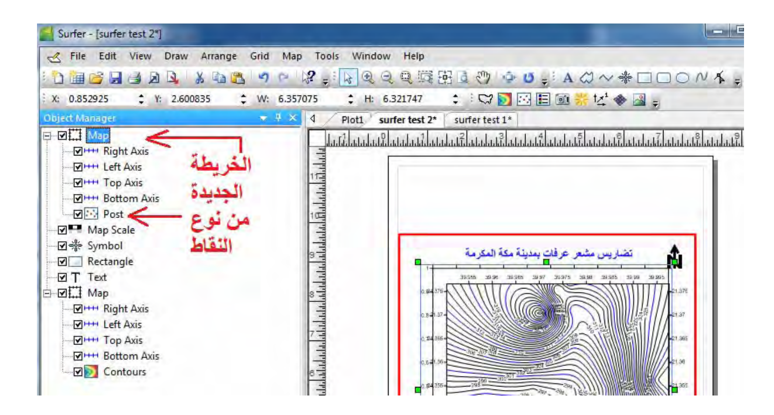
من القائمة الرئيسية لبرنامج السيرفر نضغط أيقونة الخريطة **Map** ومنها نختار أمر خريطة جديدة New ثم نختار أمر خريطة النقاط **Post Map**:



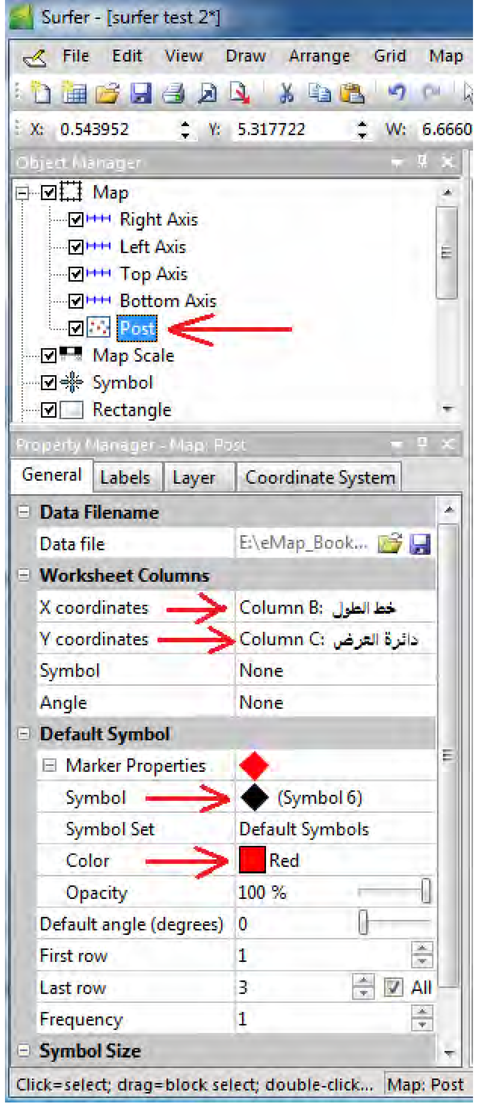
نختار الملف الذي يحتوي علي إحداثيات النقاط المطلوب توقيعها ثم نضغط open:



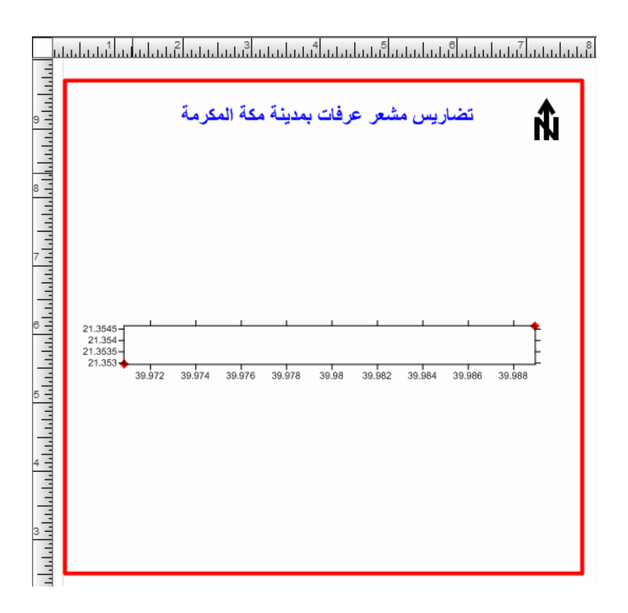
بالعودة لشاشة السيرفر الرئيسية لا نجد أي تغيير في نافذة البيانات ! لكننا نجد إضافة عنصر جديد في قائمة المحتويات وهو Map جديدة و تحتها كلمة Post:



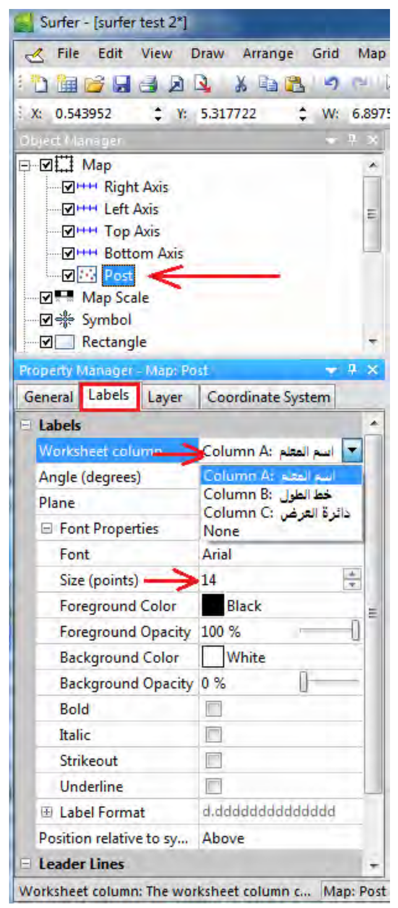
أي أن السيرفر قد أنشأ خريطة نقاط بالفعل ومطلوب منا الآن ضبط عناصرها لتظهر علي الشاشة بصورة سليمة. نظلل أسم الخريطة الجديدة **Post** في قائمة المحتويات (لتظهر خصائصها) ثم نضغط أيقونة General فنجد أول سطر X coordinates للاحداثي س علي الخريطة فنضغط السهم ونختار العمود "خط الطول B" وأمام ثاني سطر Y coordinates للاحداثي ص علي الخريطة نضغط السهم ونختار العمود "دائرة العرض C" أي أننا أخبرنا برنامج السيرفر أن الاحداثي X للنقاط المطلوب توقيعها هو في العمود الثاني من ملف الإكسل بينما الاحداثي Y في العمود الثالث من الملف. ثم أمام سطر Symbol نختار الرمز المناسب وأمام سطر Color نختار لون الرمز وفي أسفل الخصائص وأمام سطر Symbol size نختار الحجم المطلوب لهذا الرمز:



مؤقتا سنقوم بإخفاء طبقة الكنتور من المشروع الحالي (بإزالة علامة صح الموجودة أمام أسمها في قائمة المحتويات) حتى نري خريطة النقاط الجديدة فقط هي الظاهرة:



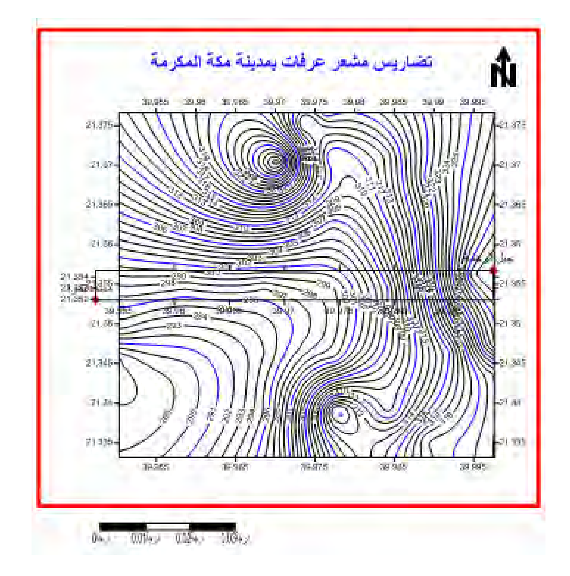
نلاحظ أن خريطة النقاط الجديدة لها حدود تختلف عن حدود المشروع الحالي وأنها تحتوي نقطتين في أعلي يمين و أسفل يسار الخريطة (يمثلان موقع مسجد نمرة و جبل الرحمة). أولا سنقوم بكتابة أسماء هذه المعالم علي خريطة النقاط: نظلل كلمة Post في قائمة المحتويات ونضغط أيقونة الأسماء Labels وأمام السطر الأول Worksheet Column نختار عمود "أسم المعلم" من أعمدة ملف الإكسل، وأمام سطر Size (points) نغير حجم البنط إلي ١٤ مثلا:



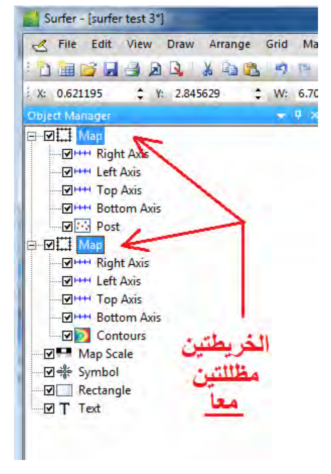
فتصبح خريطة النقاط الآن بالشكل التالي:



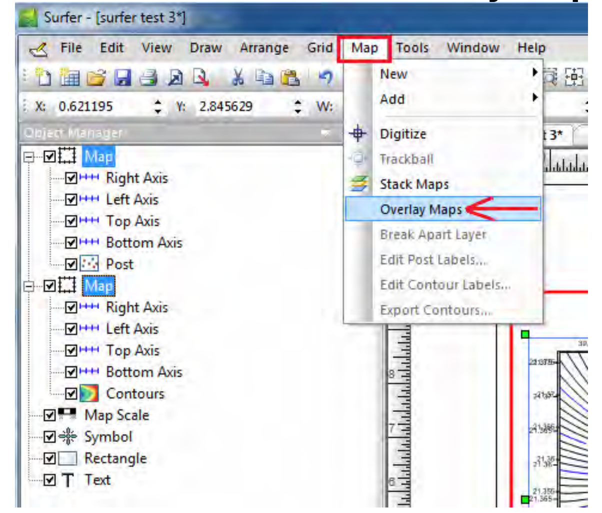
إذا أعدنا إظهار خريطة الكنتور (بوضع علامة صح مرة أخري أمام أسمها في قائمة المحتويات فأن شاشة البرنامج ستظهر كلا الخريطتين:



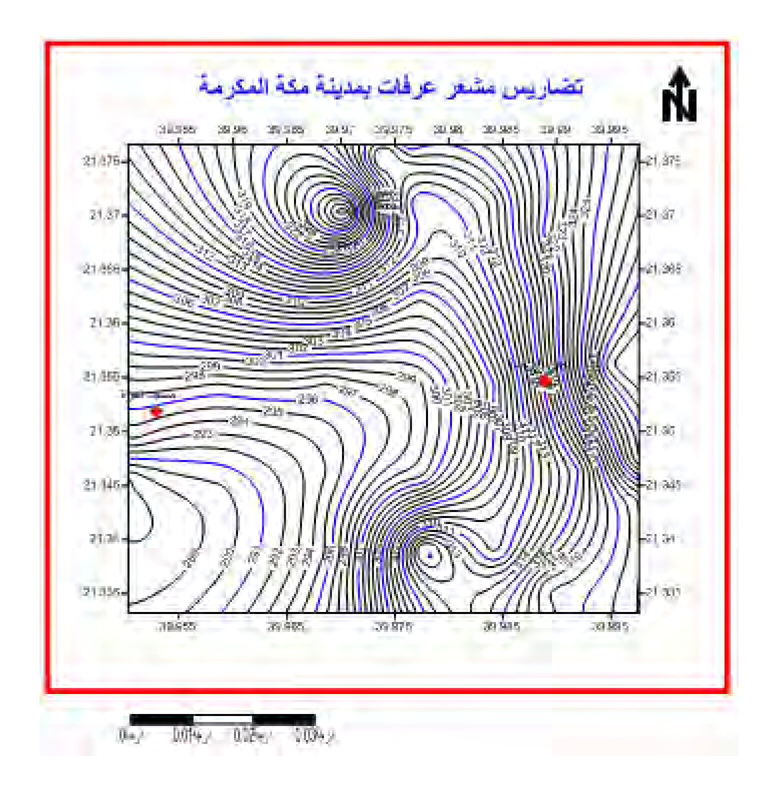
لكنهما يظهران كخريطتين منفصلتين كلا منهما لها حدود و محاور خاصة بها. لدمجهما معا في إطار واحد نختار بالماوس الخريطة الأولي Post في قائمة المحتويات ثم نضغط مفتاح Shift من لوحة مفاتيح الكمبيوتر **باستمرار** ونختار بالماوس الخريطة الثانية Contour فتصبح كلاهما مظللة في قائمة المحتويات:



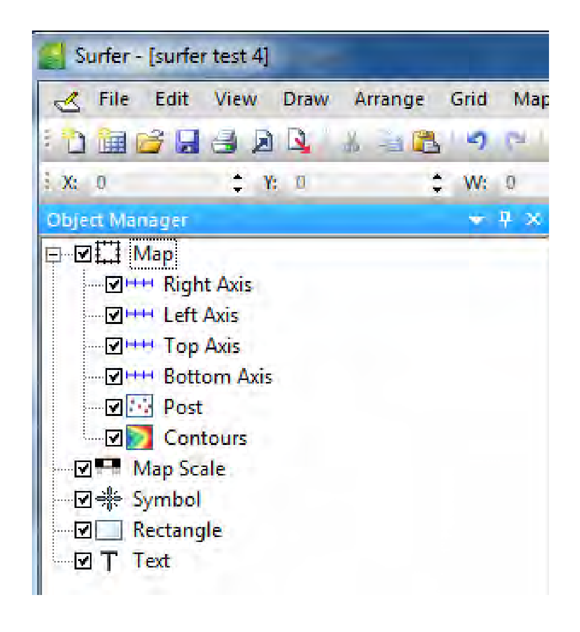
نضغط أيقونة **Map** من القائمة الرئيسية لبرنامج السيرفر ثم نختار – من القائمة المنسدلة – أمر تركيب الخرائط **Overlay Maps**:



فنجد كلا الخريطتين (الكنتور و النقاط) قد ظهرا في إطار واحد:



وأيضا قد أصبحا كأنهما خريطة واحدة في قائمة المحتويات:

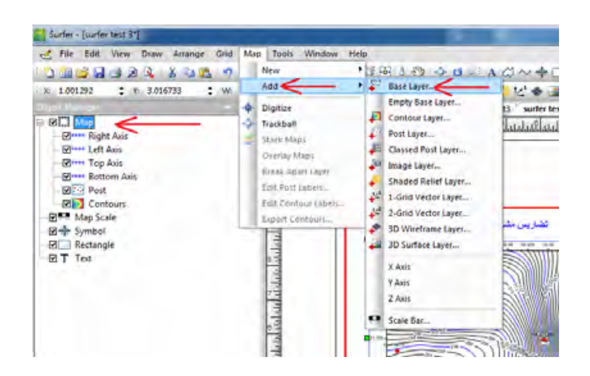


بالطبع مازال لدينا إمكانية تعديل أيا منهما بنفس الخطوات العادية كما سبق.

١٠-٦ إضافة مرئية فضائية مرجعة جغرافيا

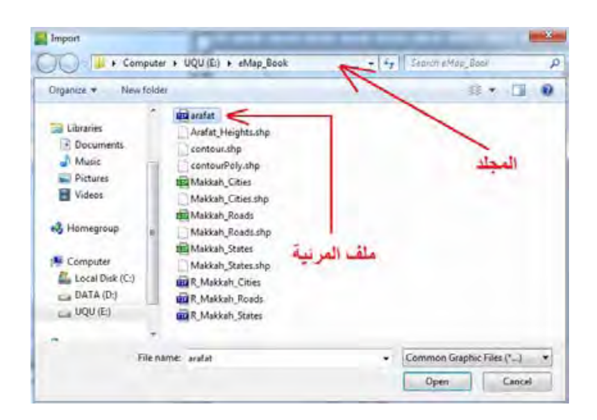
أحيانا يتوافر لدينا مرئية فضائية أو صورة خريطة طبوغرافية لنفس المنطقة الجغرافية ونريد أن نجعل هذه الصورة خلفية للخريطة الكنتورية. يقوم برنامج السيرفر بذلك **بشرط** أن تكون المرئية أو صورة الخريطة مرجعه جغرافية (أنظر الإرجاع الجغرافي في الفصل السابق) أي أنها معلوم لها المرجع الجيوديسي و نظام الإحداثيات.

نظلل كلمة Map في قائمة المحتويات ثم نضغط أيقونة **Map** من القائمة الرئيسية لبرنامج السيرفر ومن القائمة المنسدلة نختار أمر إضافة **Add** ثم أمر طبقة أساس **Base Layer**:

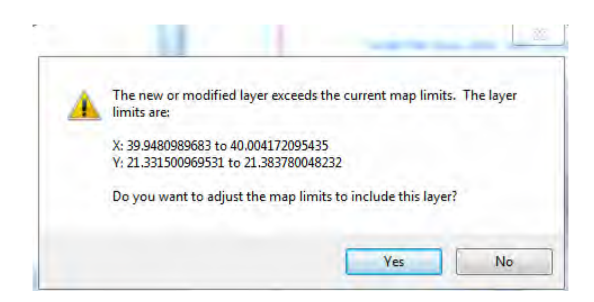


تجدر الإشارة إلي أنه إذا لم تكن كلمة Map مظلله في قائمة المحتويات فان كل عناصر الإضافة Add لن تكون نشطة أو فعالة.

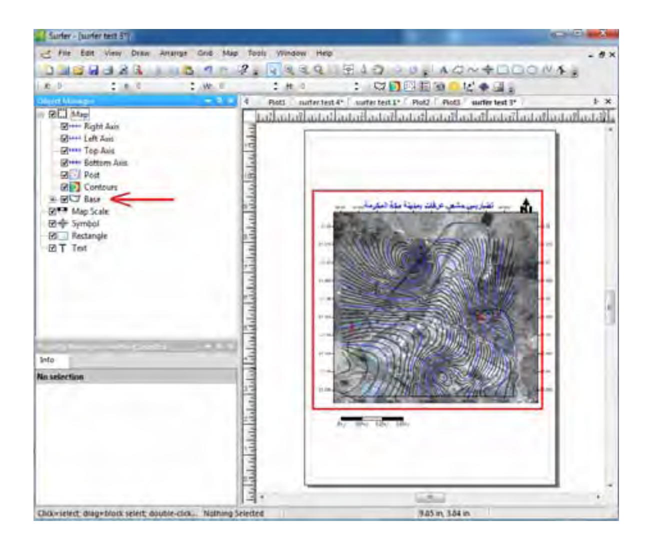
نحدد اسم ملف المرئية الفضائية ثم نضغط Open:



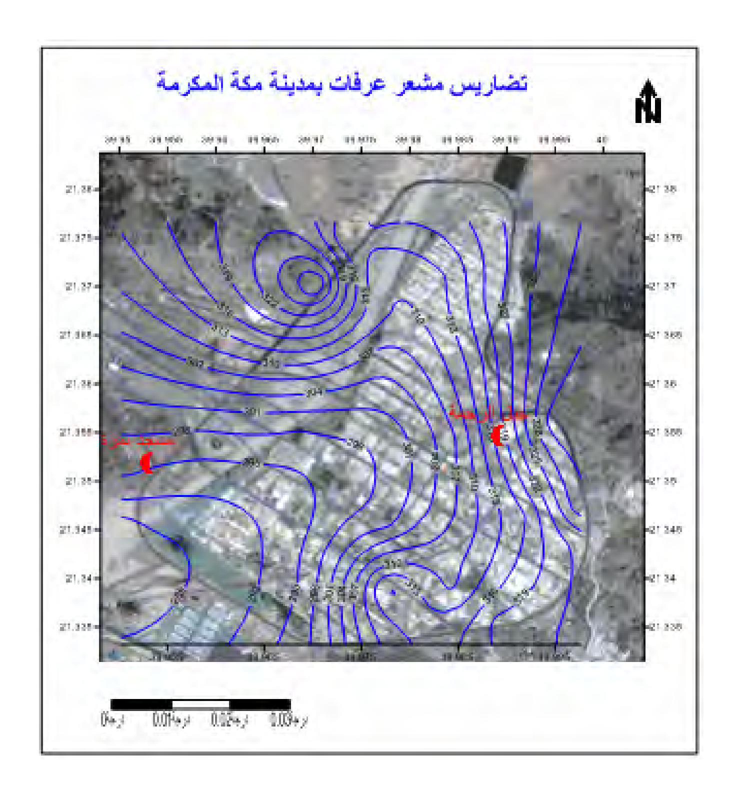
تظهر رسالة تحذيرية أن حدود المرئية تختلف عن حدود الخريطة الكنتورية، فنضغط Yes ليقوم السيرفر بضبط الحدود:



تظهر المرئية الفضائية في خلفية الخريطة الكنتورية (كما تظهر أيضا باسم Base في قائمة المحتويات):

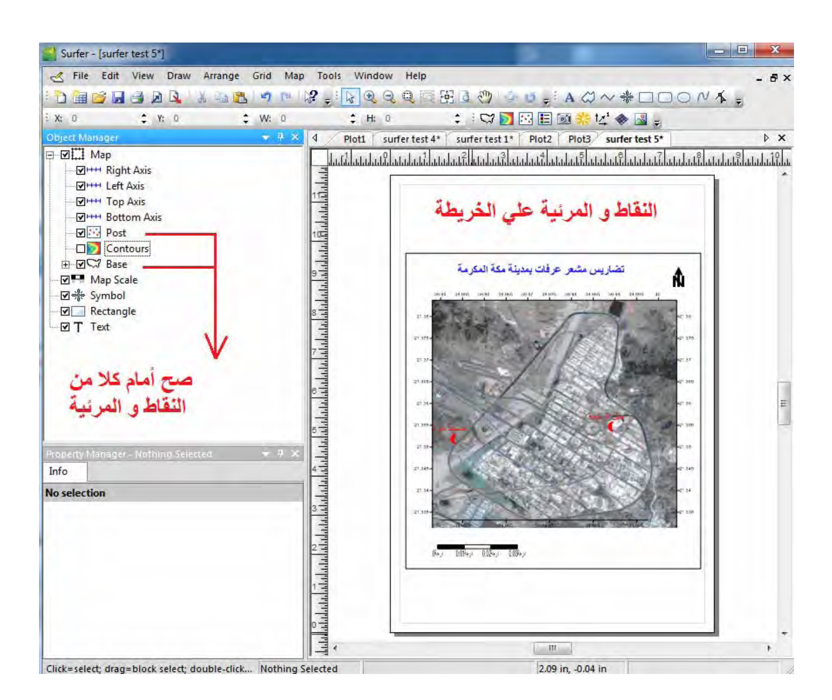


باستخدام ما تعلمناه حتى الآن يمكن إعادة الإخراج الكارتوجرافي للمشروع الحالي لتصبح الخريطة النهائية في صورة أفضل كارتوجرافيا (علي سبيل المثال):



حيث أن برنامج السيرفر يتعامل بأسلوب الطبقات Layers مثله مثل برنامج Arc Map فيمكن من نفس المشروع (الحالي) إنتاج أكثر من خريطة، وذلك عن طريق الطبقات الظاهرة في قائمة المحتويات. فمثلا: إذا أزلنا علامة صح أمام طبقة الكنتور و طبقة النقاط فستصبح الخريطة للمرئية الفضائية فقط:

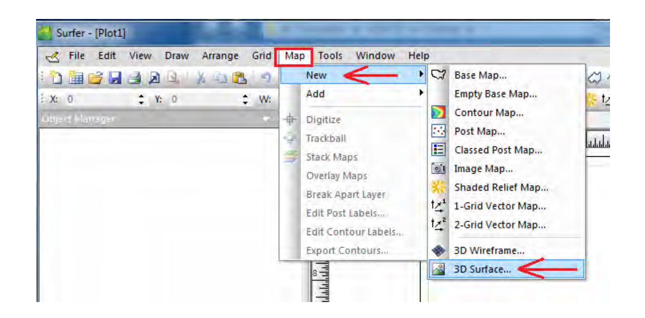
وإذا أزلنا علامة صح أمام طبقة الكنتور فقط فستصبح الخريطة للمرئية الفضائية موضحا عليها طبقة النقاط:



١٠-٧ إنشاء مجسم ثلاثي الأبعاد

تعد المجسمات ثلاثية الأبعاد من الأشكال الخرائطية الهامة لتمثيل تضاريس سطح الأرض بصورة سهلة و مبسطة للقارئ غير المتخصص.

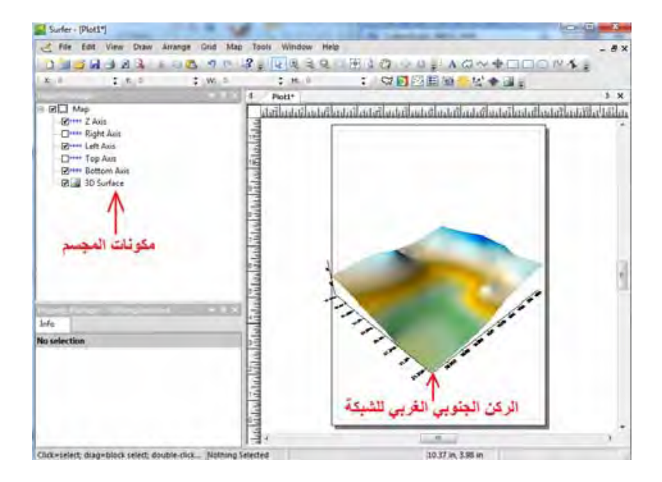
من القائمة الرئيسية للبرنامج نختار أمر خريطة **Map** ثم أمر جديد **New** ثم أمر مجسم ثلاثي الأبعاد **3D Surface**:



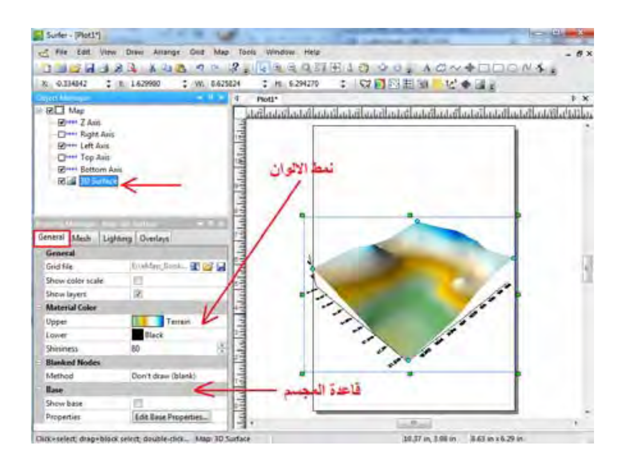
من المجلد الذي يحتوي ملفات التمارين الحالية نختار **ملف الشبكة** الذي قمنا بانشاؤه (ليس ملف البيانات الأصلية) ثم نضغط Open:



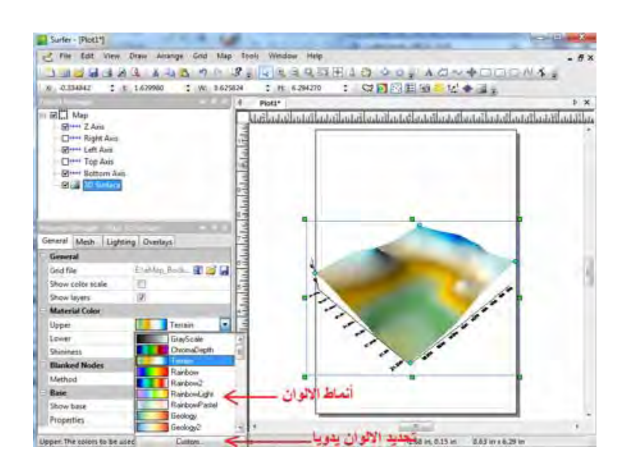
يقوم السيرفر بإنشاء مجسم ثلاثي الأبعاد مباشرة (بالقيم الافتراضية) ويضيفه لقائمة المحتويات ونستطيع تعديل أي خاصية من خصائصه كما نريد.



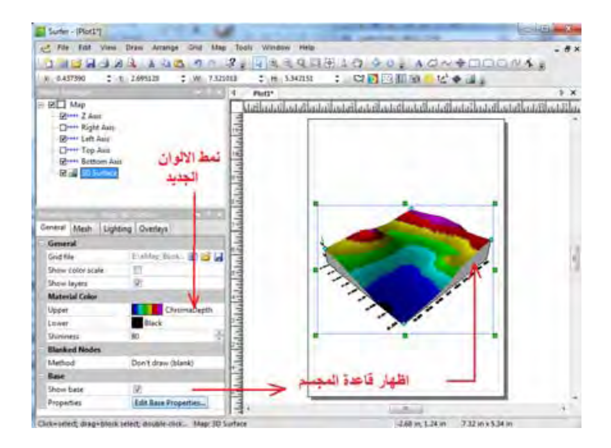
نظلل (نختار بالماوس) المجسم 3D Surface من قائمة المحتويات فتظهر خصائصه في الجزء الأسفل من يسار الشاشة. أيقونة General تحتوي علي الخصائص العامة لهذا المجسم ومنها نمط الألوان Material Color وطريقة إظهار قاعدة المجسم Base:



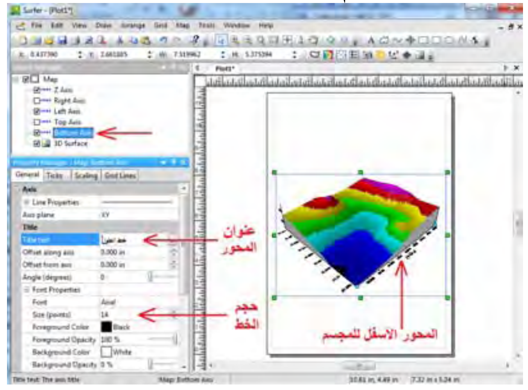
نضغط علي نمط الألوان (بجوار كلمة Upper) ونغير طريقة تلوين المجسم من أنماط الألوان المتعددة التي يوفرها برنامج السيرفر (أو يمكن إنشاء نمط ألوان جديد طبقا لرغبة المستخدم من خلال الضغط علي أيقونة Custom في أسفل الأنماط):



نختار نمط ألوان آخر ثم نضع علامة صح أمام كلمة Show Base لإظهار قاعدة المجسم:

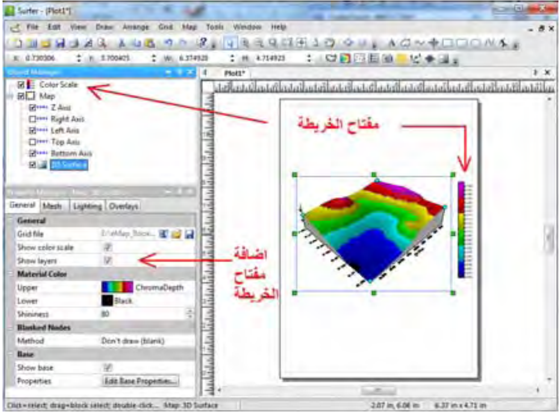


يمكن تغيير خصائص محاور المجسم بنفس الطريقة السابقة (تغيير محاور الخريطة الكنتورية)، فمثلا باختيار المحور الأسفل Bottom Axis للمجسم (خطوط الطول) في قائمة المحتويات يمكن إضافة عنوان للمحور و تغيير حجم كتابة الإحداثيات:

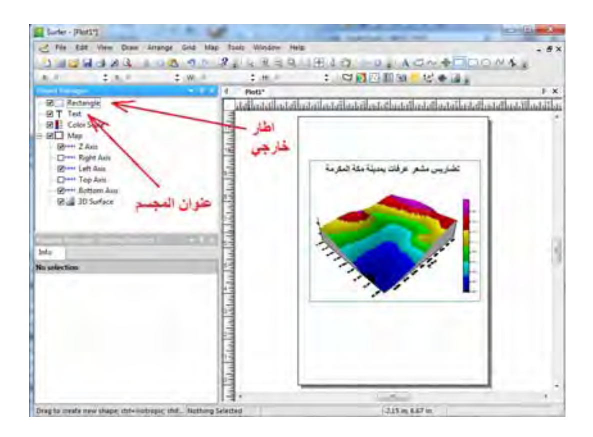


بنفس الطريقة يمكن تغيير خصائص المحور الأيسر Left Axis (دوائر العرض) والمحور الرأسي Z Axis الذي يمثل قيم المناسيب ذاتها.

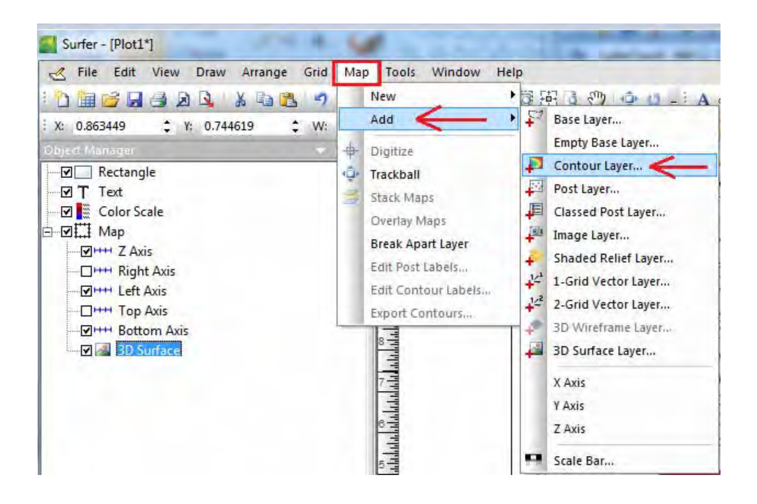
لإضافة مفتاح الخريطة نضع علامة صح أمام كلمة Color Scale في خصائص المجسم ذاته فيظهر المفتاح علي الخريطة و في قائمة المحتويات أيضا (يمكن تغيير خصائصه بنفس الطريقة):



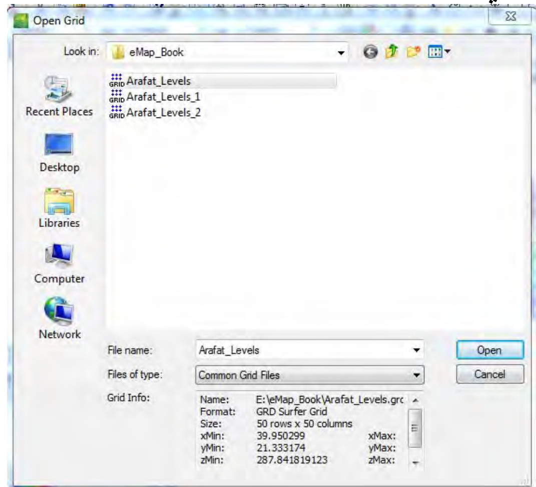
بنفس الخطوات التي قمنا بها في الخريطة الكنتورية يمكن إضافة عنوان و كذلك إطار للمجسم:



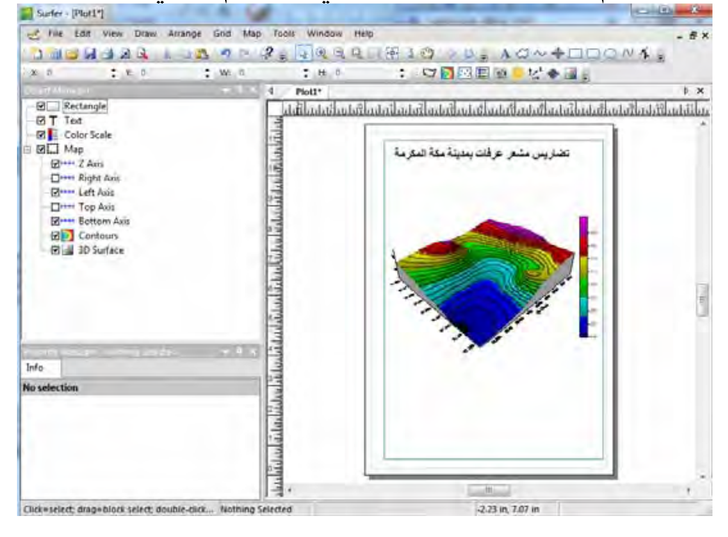
إذا أردنا إضافة الخريطة الكنتورية إلي المجسم (لطباعتهم في خريطة واحدة) نظلل كلمة 3D Surface في قائمة المحتويات ثم نضغط أيقونة Map من القائمة الرئيسية ثم أيقونة إضافة Add ثم أيقونة طبقة الكنتور Contour Layer:



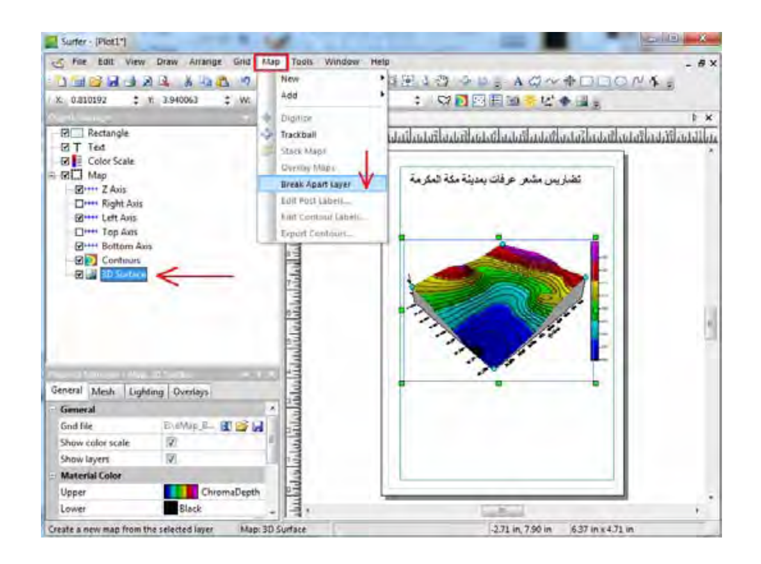
نختار ملف الشبكة مرة أخري:



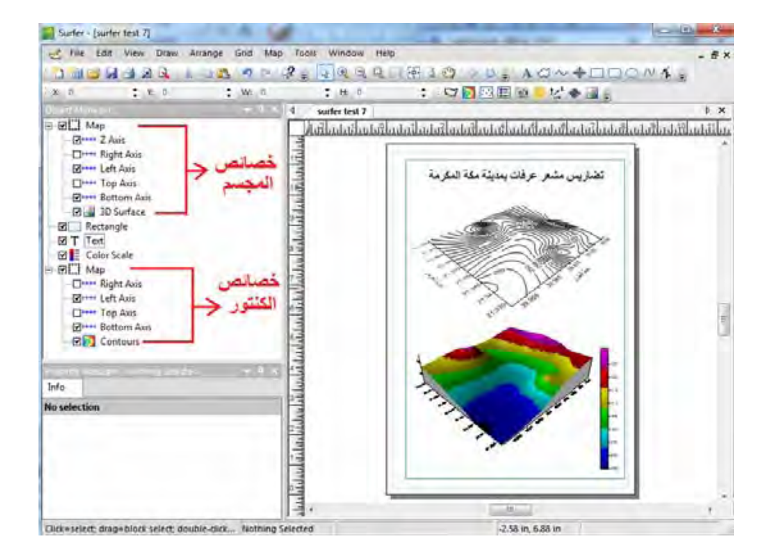
فيقوم برنامج السيرفر برسم الخريطة الكنتورية علي المجسم ثلاثي الأبعاد:



لفصل الخريطة الكنتورية عن المجسم نظلل (نختار بالماوس) المجسم من قائمة المحتويات ثم نضغط أيقونة الخريطة Map من القائمة الرئيسية و منها نختار أمر فصل الطبقات Break Apart Layer:

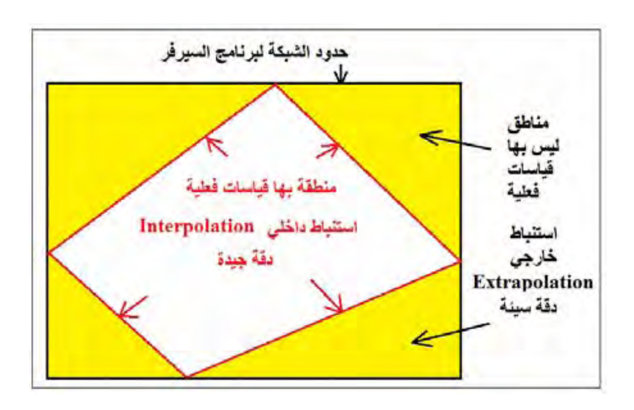


يتم فصل الكنتور عن المجسم ويصبح كلاهما عنصرا منفصلا (في الخريطة وفي قائمة المحتويات أيضا) ويمكننا التعامل (تحريك و تعديل ...الخ) أيا منهما بنفس الخطوات المعتادة:



١٠-٨ اقتطاع جزء من الشبكة / الخريطة الكنتورية

يقوم برنامج السيرفر بإنشاء ملف الشبكة Grid بحيث يكون منتظم الشكل (مربعا أو مستطيلا) ليغطي كل المنطقة الجغرافية للبيانات الأصلية (الأرصاد أو القياسات). أي أن داخل هذه الشبكة سيكون هناك بعض المناطق (الأطراف) التي ليس لها قياسات حقيقية و هنا يقوم السيرفر باستنباط خارجي Extrapolation لقيم المناسيب. من المعلوم رياضيا أن عملية الاستنباط الخارجي تكون بدقة أقل من الاستنباط الداخلي Interpolation (أي حساب قيم المناسيب داخل حدود منطقة الأرصاد الأصلية)، أي أن خطوط الكنتور في مناطق الأطراف هذه لن تكون معبرة بشكل دقيق عن تضاريس الأرض الحقيقية:

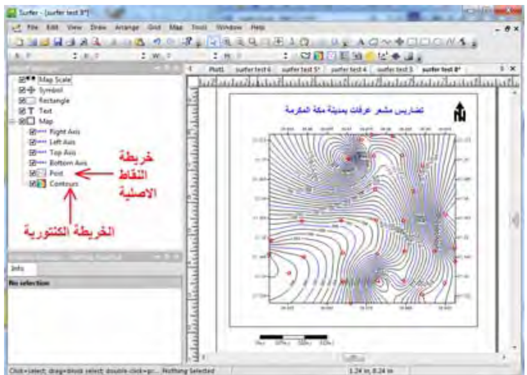


يري بعض المستخدمين أن هذه الطريقة من أهم مميزات برنامج السيرفر لأن الشبكة و الخريطة الكنتورية سيكونان في شكل منتظم (مربع أو مستطيل) بعكس برامج أخري مثل Arc Map الذي يقوم بعمل خطوط الكنتور داخل منطقة القياسات فقط مما يجعل شكل الخريطة الكنتورية غير منتظم. لكن معظم المستخدمين يعلمون الحقيقة الهندسية أو الرياضية أن دقة الكنتور خارج منطقة القياسات ستكون سيئة لأن البرنامج ليس لديه أرصاد فعلية في هذه المناطق. و هؤلاء المستخدمين يقومون بعمل **اقتطاع** للخريطة الكنتورية بحيث تكون معبرة فقط عن منطقة القياسات الفعلية.

طرق إنشاء ملف الاقتطاع:

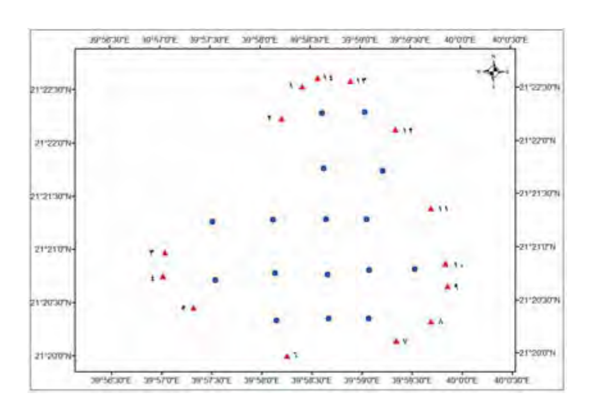
الطريقة الأولي: من ملف نصي:

بالعودة للمثال الحالي (تضاريس مشعر عرفات بمكة المكرمة) سنقوم بفتح الخريطة الكنتورية التي قمنا بعملها ثم سنضيف إليها خريطة نقاط Post Map (كما فعلنا في التمرين السابق) لتمثيل نقاط الأصلية (القياسات) التي بدأنا بها.



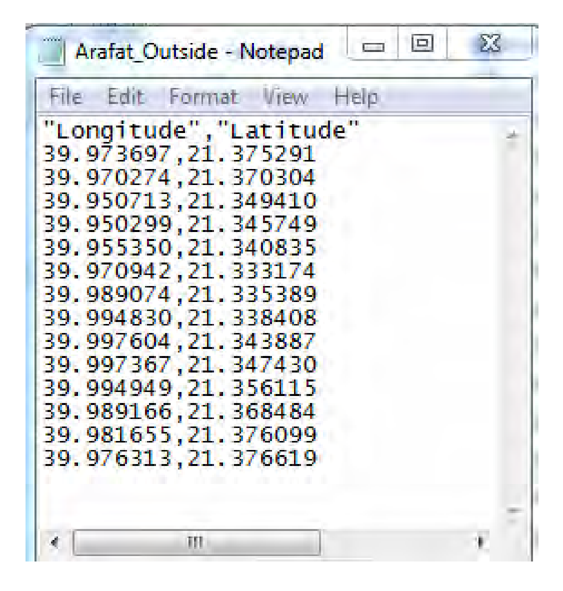
يمكن ملاحظة حدود الخريطة الكنتورية (هي أيضا حدود ملف الشبكة) ونلاحظ أن أطرافها خالية من النقاط الأصلية (الأرصاد). الآن سنقوم بعمل قطع للشبكة Grid بحيث تكون حدودها هي نفس حدود القياسات الفعلية فقط.

الشكل التالي يحدد نقاط أركان مشعر عرفات (نقاط القياسات علي الأطراف الخارجية للمشعر):



نقوم بإنشاء ملف نصي text لإحداثيات نقاط الأركان هذه **بشرط** أن تكون النقاط مرتبة في تسلسل إما مع اتجاه دوران عقرب الساعة أو ضده. هذا **التسلسل مهم جدا** في إنشاء الملف لأن برنامج السيرفر سيقوم بتوصيل كل نقطة بالنقطة التالية لها لكي يحدد المنطقة التي نريد اقتطاعها بكل دقة. بمعني لو كتبنا تسلسل النقاط كالتالي: ١، ٢ ، ٣ ، ١١، ٤ ، ٥ (في الشكل السابق) فسيكون تسلسلا خاطئا.

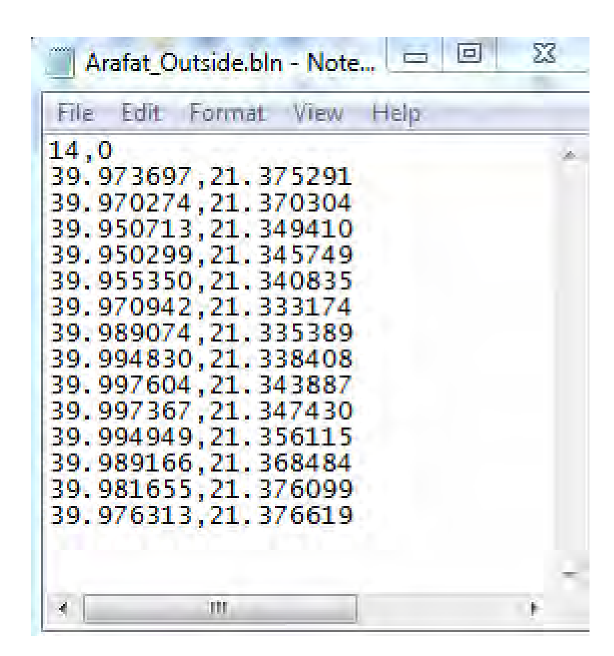
يقوم القارئ بإنشاء الملف النصي التالي و تخزينه:


"Longitude","Latitude"
39.973697,21.375291
39.970274,21.370304
39.950713,21.349410
39.950299,21.345749
39.955350,21.340835
39.970942,21.333174
39.989074,21.335389
39.994830,21.338408
39.997604,21.343887
39.997367,21.347430
39.994949,21.356115
39.989166,21.368484
39.981655,21.376099
39.976313,21.376619

يتطلب برنامج السيرفر ملف من نوع خاص أسمه ملف الاقتطاع Blank File يحتوي إحداثيات المنطقة المطلوب اقتطاعها بالمواصفات التالية:

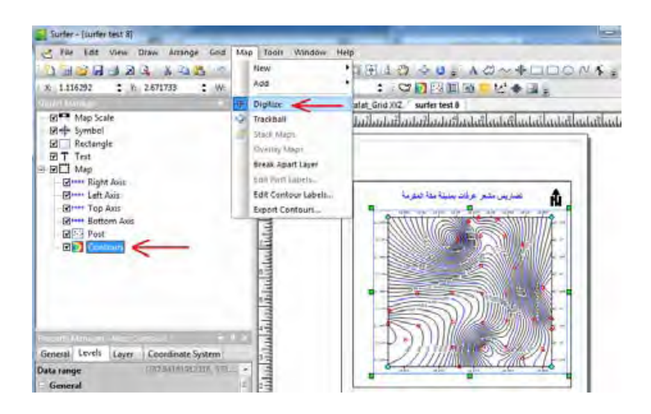
- صيغة الملف تكون bln
- أول سطر في الملف يتكون من عدد نقاط الملف ثم: ٠ للاقتطاع خارج الشكل أو = ١ للاقتطاع داخل الشكل
- ترتيب الإحداثيات يكون الاحداثي X ثم الاحداثي Y وتفصل بينهما علامة الفاصلة

سنقوم بتعديل الملف النصي السابق بحيث يكون السطر الأول منه = ١٤ ، ٠ (أي عدد النقاط = ١٤ و نريد الاقتطاع خارج الشكل الذي تحدده هذه النقاط). ثم سنحفظ الملف الجديد باسم **Arafat_Outside.bln** (**مهم جدا** أن يكون امتداد الملف هو bln):

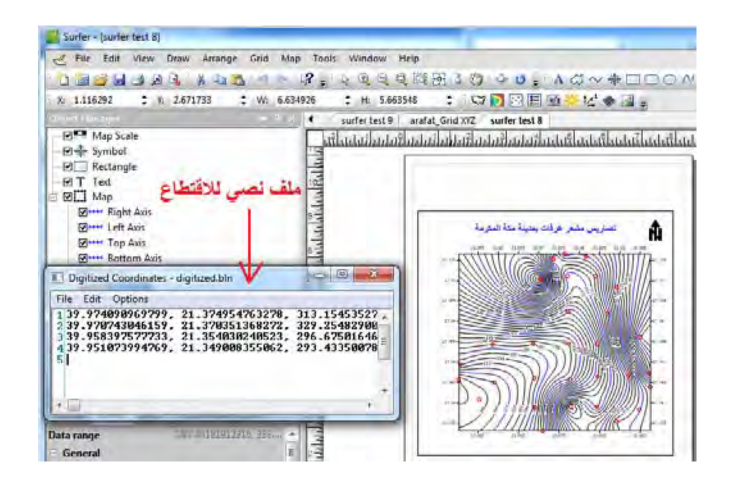

14,0
39.973697,21.375291
39.970274,21.370304
39.950713,21.349410
39.950299,21.345749
39.955350,21.340835
39.970942,21.333174
39.989074,21.335389
39.994830,21.338408
39.997604,21.343887
39.997367,21.347430
39.994949,21.356115
39.989166,21.368484
39.981655,21.376099
39.976313,21.376619

<u>الطريقة الثانية: الترقيم من داخل السيرفر</u>

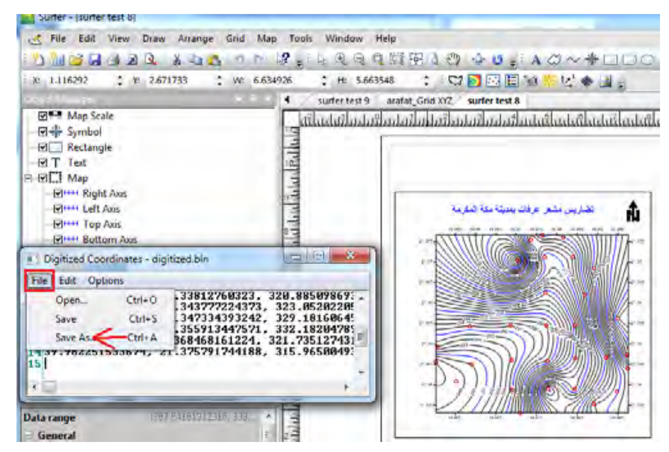
نفتح مشروع سيرفر جديد ونضيف كلا من الخريطة الكنتورية و أيضا خريطة النقاط Post Map (نقاط الأرصاد الأصلية). نظلل الخريطة الكنتورية Contours في قائمة المحتويات ثم من القائمة الرئيسية نضغط أيقونة **Map** ومنا نختار أمر الترقيم **Digitize**:



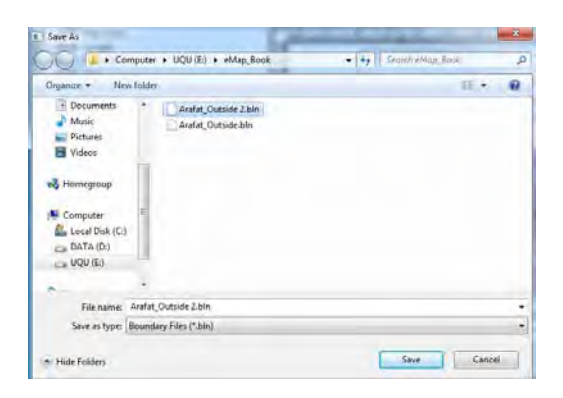
يتغير شكل الماوس الآن إلي شكل علامة + ويتم فتح نافذة نصية جديدة، نبدأ باختيار أول نقطة (التقاط الخارجية لحدود منطقة البيانات المقاسة) فنلاحظ أن إحداثيات هذه النقطة قم أضيفت لنافذة الملف النصي، نختار النقطة الثانية فيتم إضافتها أيضا، ... و هكذا لجميع النقاط:



بعد ترقيم جميع النقاط (الخارجية فقط) ومن النافذة النصية نضغط أمر File ثم أمر Save As

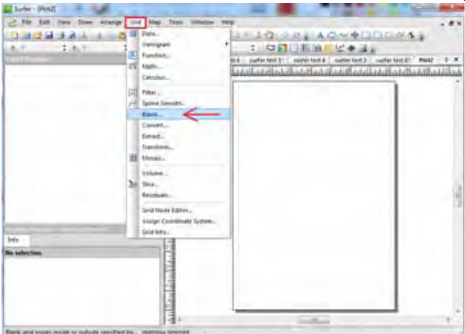


نحدد اسم الملف المطلوب (نلاحظ أن الامتداد سيكون bln مباشرة) ثم نضغط Save:

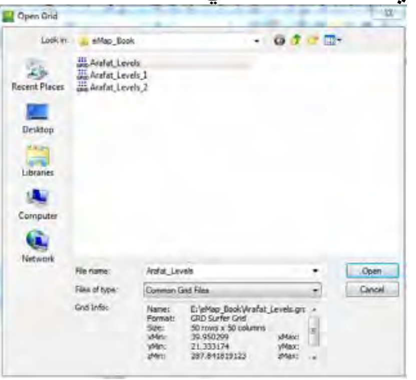


<u>الآن سنبدأ خطوات الاقتطاع:</u>

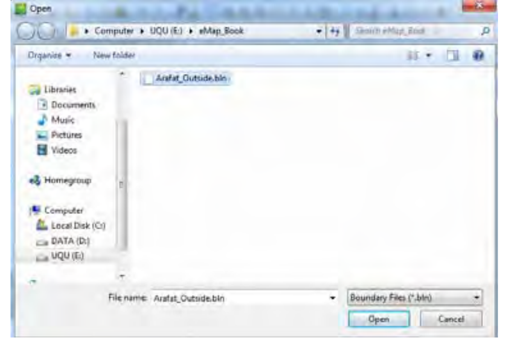
من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة الشبكة **Grid** ومنها نختار أمر اقتطاع **Blank**:



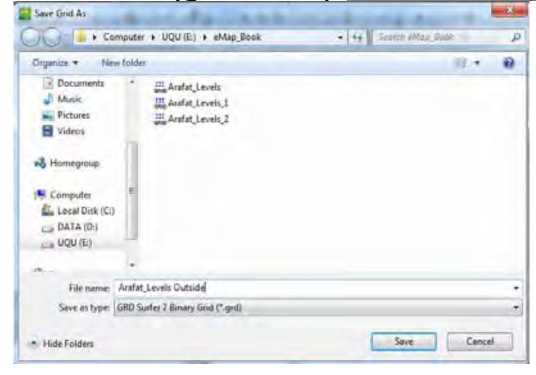
نختار **<u>ملف الشبكة Grid</u>** الذي قمنا بانشاؤه في المارين السابقة، ثم نضغط Open:



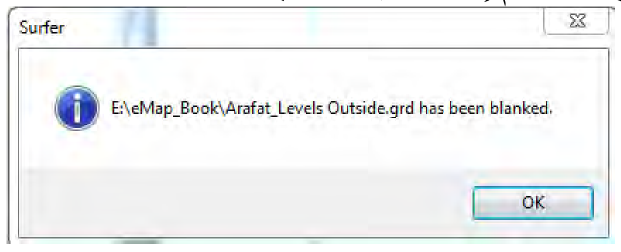
الآن سنختار <u>ملف الاقتطاع</u> الذي أنشأناه في الخطوة السابقة ونضغط open:



نحدد اسم الملف الجديد أي الشبكة الجديدة (بعد الاقتطاع) :



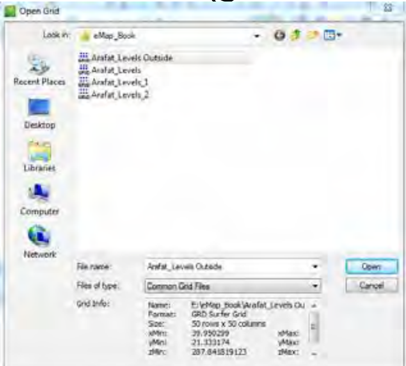
يبلغنا برنامج السيرفر أنه قد أتم إنشاء الشبكة الجديدة، نضغط OK:



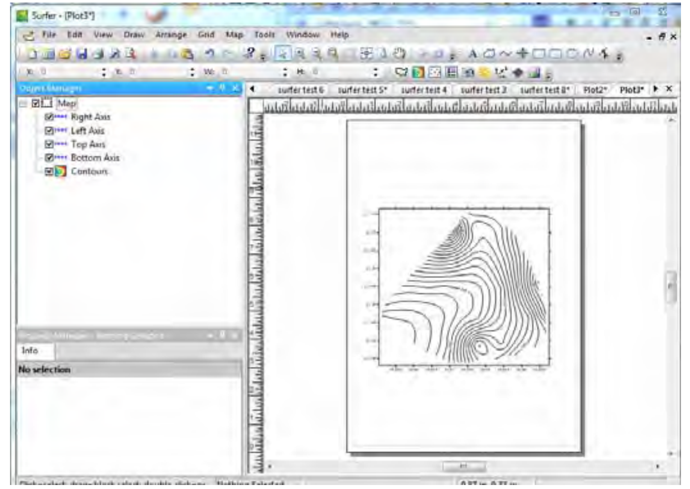
الآن سنقوم بإنشاء خريطة كنتورية جديدة باستخدام ملف الشبكة الجديد:



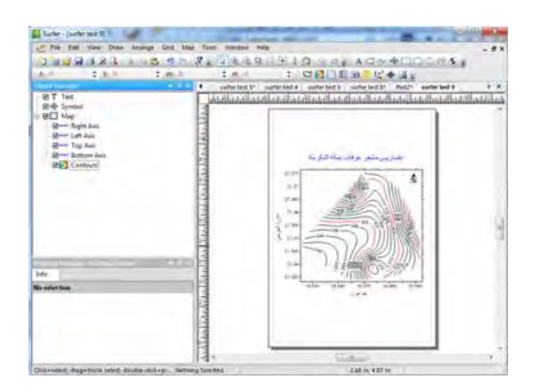
نختار ملف الشبكة الجديد (الشبكة بعد الاقتطاع):



نجد برنامج السيرفر قد قام بإنشاء الخريطة الكنتورية الجديدة بحيث أنها تغطي **فقط** المنطقة المطلوبة (منطقة القياسات الفعلية فقط):



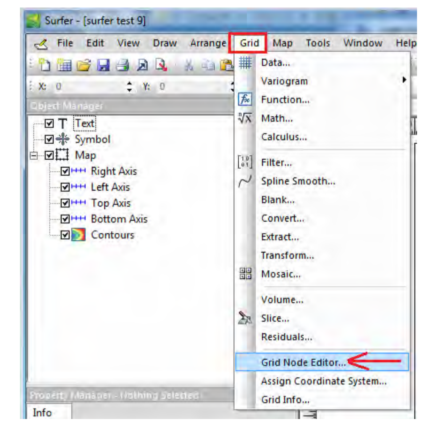
ثم نكمل الخطوات العادية لإخراج هذه الخريطة في صورتها النهائية:



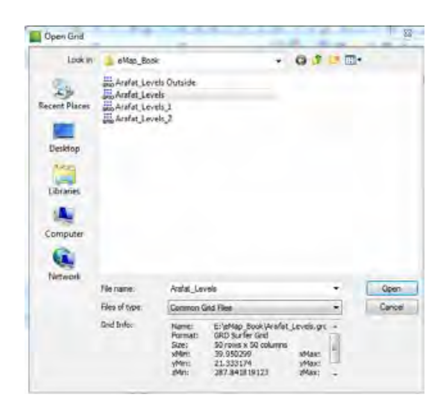
١٠-٩ استنباط المناسيب

قام برنامج السيرفر (في أول خطوة من المارين الحالية) بتحويل ملف الأرصاد أو القياسات الأصلية إلي ملف شبكة معلوم عنده قيمة المنسوب عند كل نقطة من نقاط هذه الشبكة. ثم قمنا باستخدام هذه الشبكة لإنتاج الخريطة الكنتورية و المجسم ثلاثي الأبعاد. لكن ملف الشبكة له استخدام ثالث ألا و هو معرفة قيمة منسوب أي نقطة (من الشبكة). فمثلا إذا كان لدينا نقطة (موقع) معينة داخل منطقة الدراسة ونريد أن نعرف قيمة منسوبها.

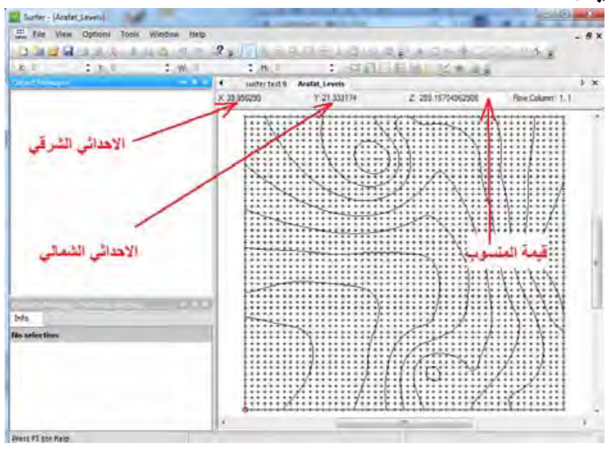
من القائمة الرئيسية للبرنامج نضغط أيقونة الشبكة **Grid** ثم نختار أمر **محرر الشبكة Grid Node Editor**:



نختار ملف الشبكة المطلوب فتحه (سنختار هنا الشبكة الأصلية قبل الاقتطاع):

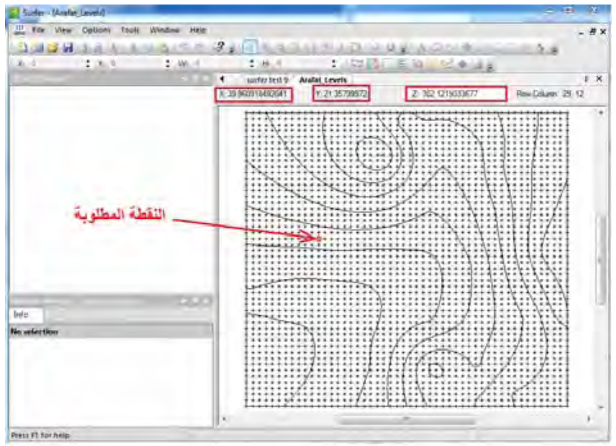


فيتم فتح نافذة جديدة بها: الاحداثي X و الاحداثي Y والاحداثي الرأسي Z (المنسوب) لموقع الماوس، بمعني كلما حركنا الماوس علي هذه الشبكة كلما ظهرت لنا الإحداثيات الثلاثة ,X, Y Z لنقطة الماوس الحالية:

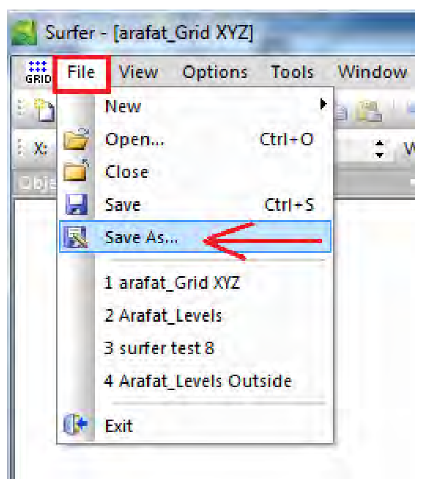


إذا كنا نعرف إحداثيات (X,Y) لنقطة محددة فأننا نتحرك بالماوس علي الشبكة حتى تكون نقطة الماوس في نفس الإحداثيات المطلوبة ونقرأ قيمة Z لنعرف منسوب هذه النقطة.

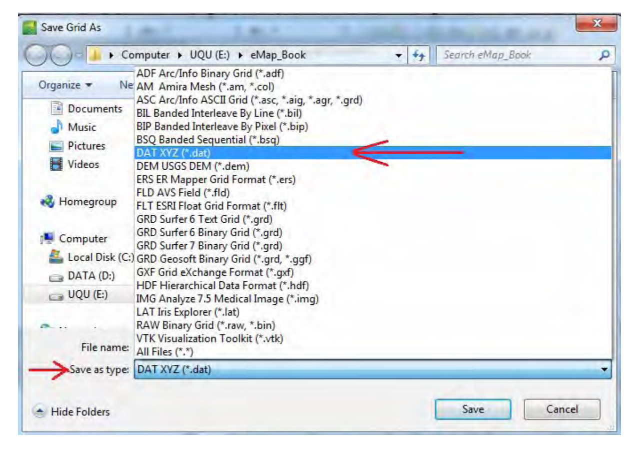
<u>مثال:</u> منسوب النقطة عند خط طول = ٣٩.٩٦٠٩ درجة و دائرة عرض = ٢١.٣٦٧٩٩ يبلغ ٣٠٢.١٢ متر:



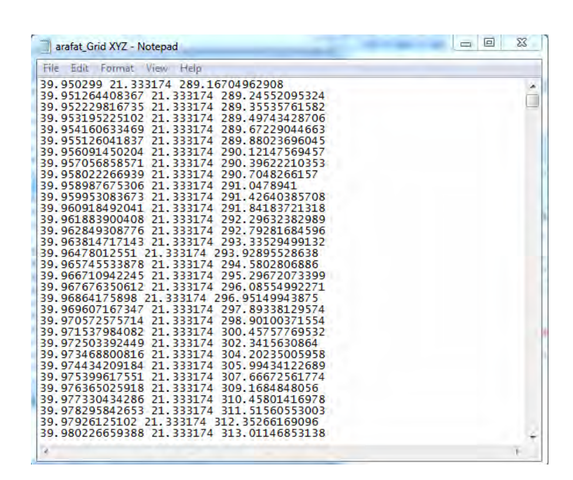
أما إن كنا نريد حفظ بيانات كل نقاط الشبكة (X,Y,Z) في ملف نصي لاستخدامه لاحقا في برامج أخري، فنضغط من القائمة الرئيسية للبرنامج أمر File ومن نختار أمر Save File As :



من الصيغ أمام كلمة Save as type نختار صيغة (امتداد) DAT XYZ ونحدد اسم للملف الجديد:



فينتج لنا ملف نصي يحتوي بيانات كل نقاط الشبكة:



في هذا الفصل من الكتاب تم شرح إمكانيات برنامج السيرفر في إنتاج الخرائط الكنتورية و المجسمات ثلاثية الأبعاد فقط، لكن تجدر الإشارة إلي وجود إمكانيات أخري لهذا البرنامج الشهير مثل الترقيم (رسم معالم جغرافية علي الخريطة الكنتورية مثل برنامج Arc Map) وأيضا عمل القطاعات العرضية Cross Sections بالإضافة للحسابات الهندسية للمشروعات مثل حسب كميات الحفر و الردم للتسوية عند منسوب معين ... وإمكانيات أخري كثيرة.

تجدر الإشارة لوجود عدد من ملفات الفيديو التدريبية والملفات التعليمية الأخرى باللغة العربية متاحة علي مواقع الانترنت، وبعضها موجود في قائمة المراجع في نهاية الكتاب وننصح القارئ بتحميل هذه الملفات والاستفادة منها ليزيد من خبرته في التعامل مع هذا البرنامج الشهير في مجال الخرائط الرقمية.

الفصل الحادي عشر

القطاعات و المجسمات ببرنامج Global Mapper

يعد برنامج الجلوبال مابر من برامج الخرائط التي زاد انتشارها و استخدامها في السنوات الأخيرة، وهو من تطوير شركة http://www.bluemarblegeo.com/ والإصدار الحالي له هو الإصدار ١٣.

يقوم البرنامج بعدد من الوظائف الأساسية تشمل: إنشاء المجسمات ثلاثية الأبعاد و القطاعات وإجراء حسابات المساحة و الحجم (الحفر و الردم) وإنشاء خطوط الكنتور والتعامل مع المرئيات الفضائية و إرجاعها جغرافيا واستخراج الأودية الهيدرولوجية وتحميل نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية مباشرة من الانترنت.

يري بعض المستخدمين أن من أهم مميزات برنامج الجلوبال مابر قدرته علي استيراد import و تصدير export عدد كبير من صيغ (أنواع) الملفات، فالبعض يستخدمه كمجرد برنامج وسيط بين أكثر من برنامج آخر. فعلي سبيل المثال لم يكن برنامج السيرفر (قبل الإصدار ١٠) يحفظ ملفاته في صورة shp الخاصة ببرنامج Arc GIS، لذلك كان يتم استخدام الجلوبال مابر في استيراد ملفات السيرفر ثم تصديرها إلي صيغة الطبقة للتعامل معها في Arc Map.

يتعامل برنامج الجلوبال مابر مع عدد كبير من صيغ الملفات منها:

- الملفات النصية text
- ملفات الصور مثل Tiff, Jpg, Png, Bmp
- ملفات الصور المرجعة جغرافيا GeoTIFF
- ملفات برنامج الجوجل ايرث Kml, Kmz
- ملفات برنامج الأوتوكاد Dwg, Dxf
- ملفات نظم المعلومات الجغرافية Shp
- ملفات الشبكات Grid
- ملفات الشبكات النصية Ascii Grid
- ملفات أجهزة الجي بي أس الملاحية Pcx5, Trk, Wpt
- ملفات برامج الاستشعار عن بعد Erdas Imagine, Idrisi, Mapinfo
- ملفات نماذج الارتفاعات الرقمية Dem, Hgt

في الفصل الحالي سنكتفي بشرح كيفية إنشاء المجسمات ثلاثية الأبعاد و أيضا القطاعات العرضية بالاعتماد علي بيانات النموذج الأمريكي للارتفاعات الرقمية العالمية DEM المعروف باسم SRTM3. تجدر الإشارة إلي أن دقة هذا النموذج العالمي في تمثيل تضاريس سطح الأرض تكون في حدود ± ٦ – ١٠ متر أي انه لا يصلح إلا للأعمال التي لا تتطلب دقة عالية مثل الاستكشاف وإنتاج الخرائط صغيرة المقياس.

١١-١ استيراد بيانات نموذج الارتفاعات SRTM3

توجد طريقتان لاستيراد ملفات نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM3: إما مباشرة من مواقع الانترنت التي تعرض بيانات هذا النموذج، أو لإتمام الاستيراد من داخل برنـامج الجلوبـال مـابر ذاته.

١١-١-١ الاستيراد من ملفات

الطريقة الأولي:

توجد عدة مواقع و عدة طرق لتحميل بيانات نموذج SRTM إلا أن أسهل المواقع للتحميل هو:

http://www.cgiar-csi.org/data/elevation/item/45-srtm-90m-digital-elevation-database-v41

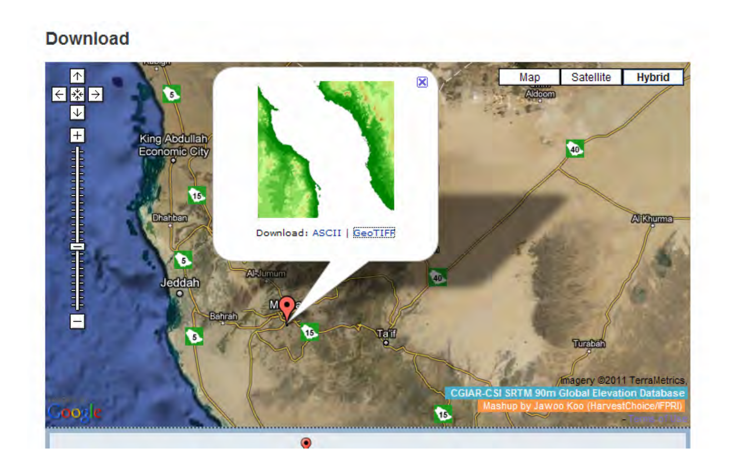


ننزل في نهاية الصفحة لجزء التحميل بالاستعراض:



الموقع يعمل مثل برنامج الجوجل ايرث:

- يمكن تكبير المنطقة المعروضة من شريط التكبير
- يمكن التحرك يمينا و يسارا في الشاشة من جزء الحركة
- نسحب علامة التحميل (البالونة الحمراء) حتى نضعها بالضبط فوق مكة المكرمة :



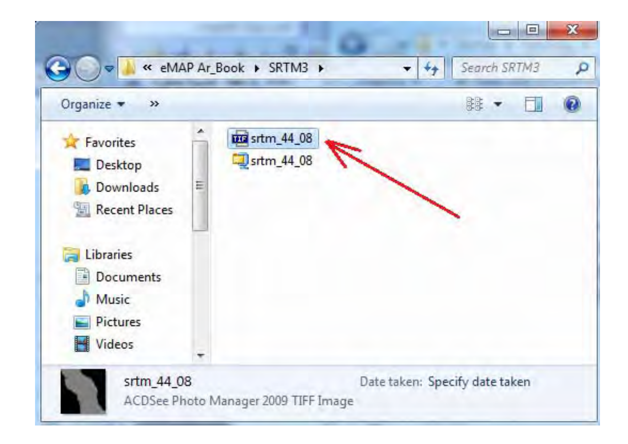
عندها تظهر صورة مصغرة للملف المطلوب تحميله (الذي يغطي المنطقة المطلوبة) فنضغط أيقونة GeoTIFF لتحميل الملف في صورة raster (يمكن أيضا تحميله في صورة ASCII):

بعد عدة ثواني تظهر نافذة تحمبل الملف المطلوب:



فنضغط **حفظ** ، و طبقا لسرعة تحميل الانترنت سيتم تحميل الملف في عدة ثواني أو أكثر فحجمه ١٩ ميجا فقط

بفك الضغط عن هذا الملف (ببرنامج WinZip أو Winrare) فنحصل علي ملف صورة srtm_44_08.tif ويكون حجمه ٦٩ ميجا بايت تقريبا:



مشكلة هذا الموقع (هذه الطريقة) أن كل ملف يغطي منطقة تشمل ٥ درجات من خطوط الطول و ٥ درجات من دوائر العرض (لذلك حجم الملف كبير نسبيا). مثلا الملف السابق سيغطي المنطقة من دائرة عرض ٢٠ شمالا إلي دائرة عرض ٢٥ شمالا و من خط طول ٣٥ شرقا إلي خط طول ٤٠ شرقا. لذلك سنحتاج لطريقة للاقتطاع منطقة الدراسة (مثلا مدينة مكة المكرمة) سواء باستخدام برنامج الجلوبال مابر نفسه أو باستخدام الأدوات المتقدمة للتحليل المكاني في برنامج Arc GIS. لكن – وعلي الجاني الآخر – فأن هذا الموقع يتميز بسهولة التشغيل و التحميل كما رأينا.

الطريقة الثانية:

تعتمد هذه الطريقة علي التحميل المباشر من الموقع الرسمي لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا (باستخدام بروتوكول الانترنت المعروف باسم ftp). يجب ملاحظة أن بعض برامج الاتصال بالانترنت (وخاصة من سيرفرات بعض الجهات الحكومية) لا تدعم بروتوكول ftp الخاص بتبادل الملفات عبر الانترنت – وهو المختلف عن بروتوكول http العادي المستخدم في عرض صفحات الانترنت – ويجب أولا ضبط إعدادات برنامج الانترنت – سواء الاكسبلورور العادي أو أي برنامج متصفح آخر – ليدعم تشغيل ftp قبل البدء في الخطوات التالية.

الدخول لسيرفر بيانات نموذج SRTM من الرابط:

ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/

سنجد ٣ مجلدات للبيانات:

– SRTM1 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ١ ثانية (أي حوالي ٣٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٣٠ متر. وللأسف الشديد أن هذا النموذج معلن فقط للأراضي الأمريكية وسري لباقي دول العالم حيث أنه أدق نماذج SRTM الثلاثة.

– SRTM3 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ٣ ثانية (أي حوالي ٩٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٩٠ متر.

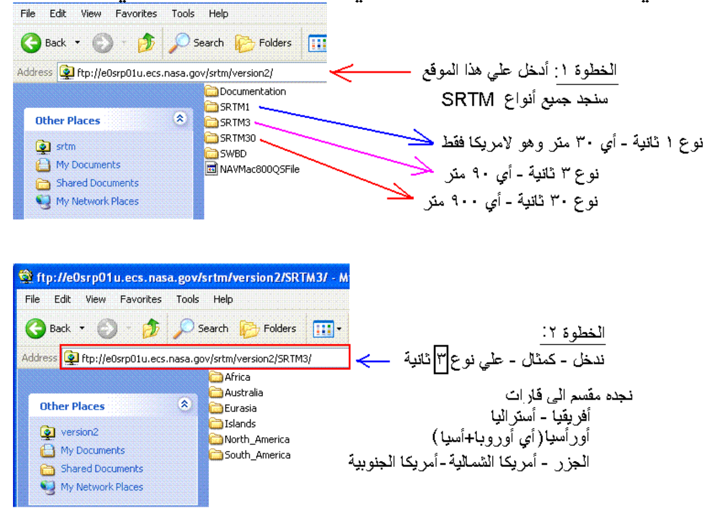
– SRTM30 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ٣٠ ثانية (أي حوالي ٩٠٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٩٠٠ متر.

للتحميل من نموذج SRTM3 :

بمجرد الضغط مرتين double click علي مجلد SRTM3 في الرابط:

ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/srtm3/

سنجد البيانات مقسمة في مجلدات كل مجلد يغطي قارة بأكملها كما في الصورة التالية:



إذا أخذنا مثال لبيانات قارة أفريقيا (أي دخلنا داخل مجلد Africa) سنجد الملفات مرتبة بأسمائها و اسم كل ملف يحدد المنطقة التي تغطيها بيانات هذا الملف.

لتخزين ملف معين هناك طريقتين:

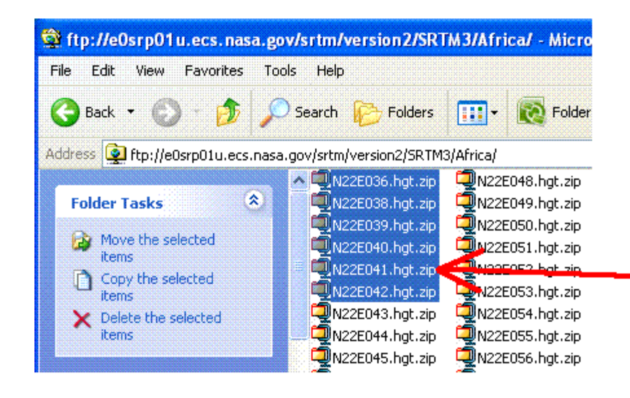
- بالضغط بالزر الأيمن للماوس علي اسم الملف ستظهر قائمة نختار منها أمر "نسخ إلي مجلد" copy to folder وباختيار هذا الأمر نحدد اسم المجلد (علي الهارد ديسك) المطلوب نسخ الملف إليه.

- أو يمكن اختيار أمر نسخ copy ثم من الويندوز نذهب للمكان المطلوب النسخ إليه ثم نضغط الزر الأيمن للماوس ونختار لصق paste (مثل طريقة نسخ الملفات في الويندوز العادية).



ملاحظات هامة:

أولا: طريقة تقسيم ملفات SRTM3 داخل مجلدات بأسماء القارات تمت بحيث قسمت الأرض إلي مربعات يغطي كل مربع قارة بأكملها. لكن هذه الطريقة أثارت مشكلة: لوضع مربع جول قارة أفريقيا بأكملها فقد دخلت بعض أجزاء من غرب قارة أسيا داخل هذا المربع الكبير! وأدي هذا إلي وجود ملفات تغطي غرب آسيا داخل مجلد قارة أفريقيا ، وخاصة الملفات التي تغطي غرب المملكة العربية السعودية علي سبيل المثال:



٥ يجب ملاحظة أن تقطيع الملفات طبقا للقارات تم بصورة مربعة تماما و هذا أدي الي أن بعض ملفات لمناطق تقع في غرب قارة اسيا دخلت تحت مجلد أفريقيا

مثال: هذه الملفات لمناطق في السعودية ومع ذلك نجدها في مجلد أفريقيا !! لذلك يجب البحث عن المنطقة المطلوبه في كلا المجلدين : أفريقيا و أوروبا-أسيا

ثانيا: حجم كل ملف من ملفات نموذج SRTM3 يبلغ أقل من ١.٥ ميجابايت فقط ، أي أن تحميل الملفات لن يستغرق وقتا طويلا.

تتميز هذه الطريقة (هذا الموقع) أن كل ملف سيغطي منطقة تمتد درجة واحدة من خطوط الطول و درجة واحدة من دوائر العرض، وبالتالي فأن حجم الملف صغير نسبيا بالمقارنة بحجم ملفات الطريقة الأولي. لكن علي الجانب الآخر فأن ملفات هذا الموقع (هذه الطريقة) وبعد فك الضغط عنها تكون من نوع (صيغة) hgt وهي صيغة لا يستطيع برامج كثيرة (مثل Arc Map) التعامل معها مباشرة، وهنا يأتي دور برنامج الجلوبال مابر لفتح هذا النوع من الملفات ثم إعادة تصديره إلي صيغة أخري.

في التمارين التالي سنعتمد علي ملف SRTM3 الذي يغطي جزء من منطقة مكة المكرمة الإدارية:

- في الطريقة الأولي: علي القارئ أن يقوم بتحميل الملف المسمي **srtm_44_08.zip**
- في الطريقة الثانية: علي القارئ أن يقوم بتحميل الملف المسمي **N21E039.zip**

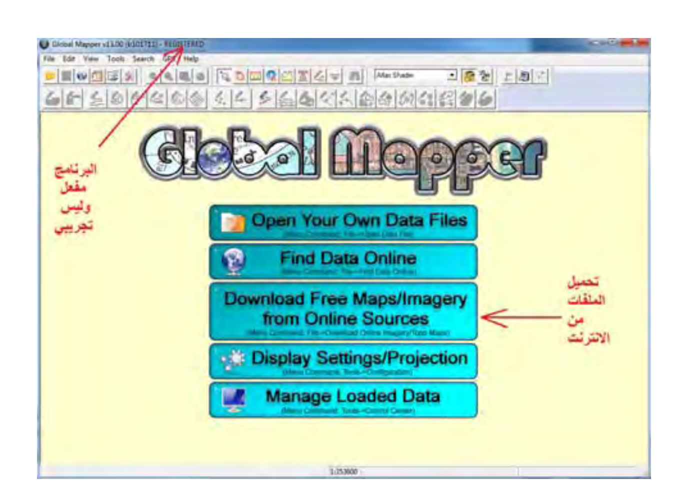
١١-١-٢ الاستيراد اللحظى من الانترنت

في التمرين الحالي سنقوم بتحميل بيانات تضاريس مدينة مكة المكرمة، والتي تمتد في خطوط الطول من ٣٥' ٣٩° شرقا إلي ٠٢' ٤٠° شرقا وفي دوائر العرض من ٠٩' ٢١° شمالا إلي ٣٧' ٢١° شمالا. بداية سنقوم بتحويل هذه الإحداثيات إلي صيغة الدرجات فقط، بأن نقوم بقسمة الدقائق علي ٦٠ و جمعها مع قيم الدرجات:

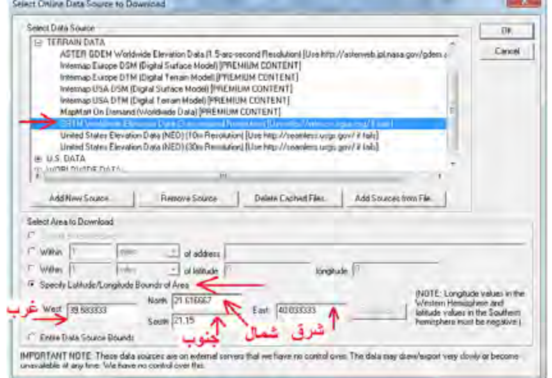
٣٥' ٣٩° = (٣٥ ÷ ٦٠) + ٣٩ = ٣٩.٥٨٣٣٣٣ درجة
٠٢' ٤٠° = (٢ ÷ ٦٠) + ٤٠ = ٤٠.٠٣٣٣٣٣ درجة
٠٩' ٢١° = (٩ ÷ ٦٠) + ٢١ = ٢١.١٥ درجة
٣٧' ٢١° = (٣٧ ÷ ٦٠) + ٢١ = ٢١.٦١٦٦٦٧ درجة

نبدأ تشغيل برنامج الجلوبال مابر، وفي الشاشة الرئيسية يجب الانتباه لوجود كلمة Registered في شريط أدوات العنوان فهي تدل علي أن البرنامج مفعل وليس مجرد نسخة تجريبية Demo (النسخة التجريبية لن تكون صالحة لتنفيذ كل أوامر البرنامج).

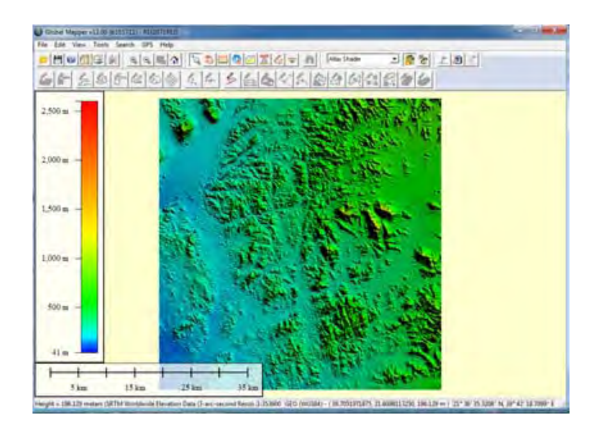
لتحميل الملفات لحظيا من شبكة الانترنت نختار الأيقونة الثالثة **Download Free Maps/Imagery**:



- من قائمة أنواع الملفات القابلة للتحميل المجاني Select Data Source نختار نوع **SRTM Worldwide Elevation Data** (3 arc-second resolution) لتحميل بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM3.
- في الجزء الأسفل من الشاشة نختار أيقونة تحديد المنطقة المطلوبة **Specify Latitude/Longitude Bounds of Area**
- نكتب إحداثيات المنطقة كالآتي:
  - o الغرب West: ٣٩.٥٨٣٣٣٣
  - o الشرق East: ٤٠.٠٣٣٣٣٣
  - o الشمال North: ٢١.٦١٦٦٦٧
  - o الجنوب South: ٢١.١٥



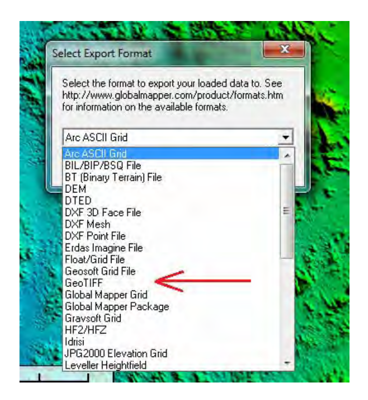
ثم نضغط OK.بناءا علي سرعة الانترنت سيأخذ التحميل بعض الوقت ثم تظهر بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة المطلوبة علي الشاشة:



نلاحظ وجود مفتاح للخريطة (علي اليسار) يحدد ألوان تضاريس سطح الأرض، كما يوجد مقياس رسم (يسار أسفل الشاشة). يضم شريط الأدوات السفلي من شاشة البرنامج إحداثيات موضع الماوس (كلما تحركنا بالماوس علي الخريطة) ويظهر بها خط الطول و دائرة العرض و المنسوب أيضا.

لحفظ بيانات النموذج الذي تم تحميله نضغط أيقونة ملف **File** من القائمة الرئيسية لبرنامج الجلوبال مابر ومنها نختار أمر تصدير ملفات ارتفاعات **Export Elevation Grid Format**:

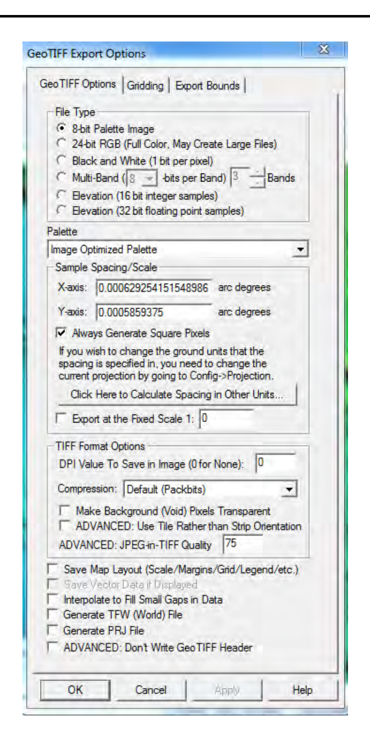
كما سبق الذكر فأن برنامج الجلوبال مابر يدعم أنواع (صيغ) متعددة من الملفات فإذا فتحنا السهم الصغير الأسود تظهر قائمة بأنواع الملفات فنختار منها نوع **GeoTIFF** (نوع شهير من ملفات الصور المرجعة جغرافيا الذي تقبله كافة البرامج الأخرى):



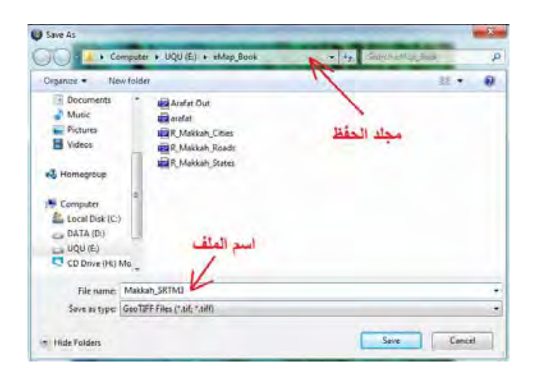
نضغط OK فتظهر رسالة تحذيرية أن تصدير الملف سيتم باستخدام نوع مسقط و إحداثيات الصورة الحالية (جميع ملفات نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية تكون علي المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 وباستخدام الإحداثيات الجغرافية وليس الإحداثيات المسقطة) فنضغط OK:



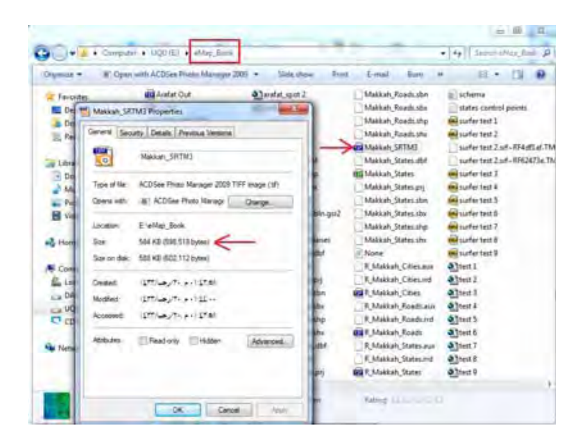
النافذة التالية تحدد عناصر التصدير (الحفظ) و مؤقتا لن نغير بها أي خصائص فنضغط OK:



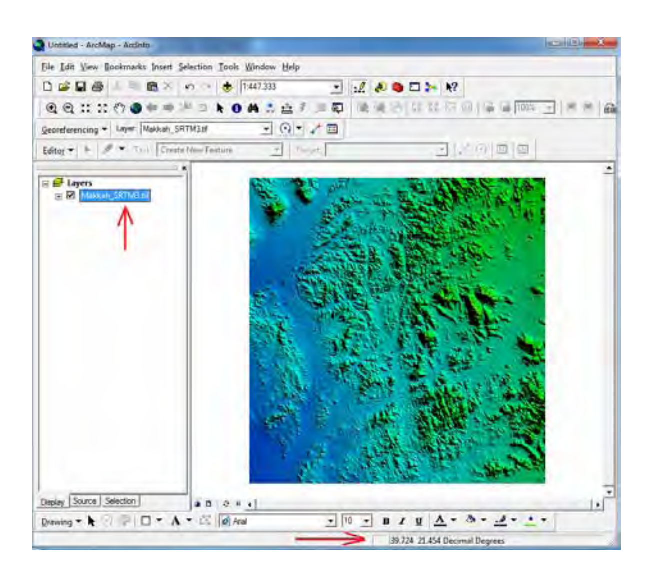
نحدد المجلد الذي سيتم داخله حفظ الملف و كذلك نحدد اسم لهذا الملف ثم نضغط Save:



نجد الملف الآن موجود في المجلد الذي قمنا بتحديده، ونري أن حجمه لا يتجاوز ٠.٥ ميجا لأن المنطقة الجغرافية التي اخترناها (مدينة مكة المكرمة) تعد منطقة صغيرة نسبيا:



كما قلنا أن صيغة ملفات GeoTIFF صيغة شهيرة تدعمها معظم البرامج الحاسوبية للخرائط، فعلي سبيل المثال يمكن فتح هذا الملف بسهولة داخل برنامج Arc Map ونري (في أسفل الشاشة) أن الإحداثيات حقيقية لأن الملف مرجع جغرافيا من الأساس.



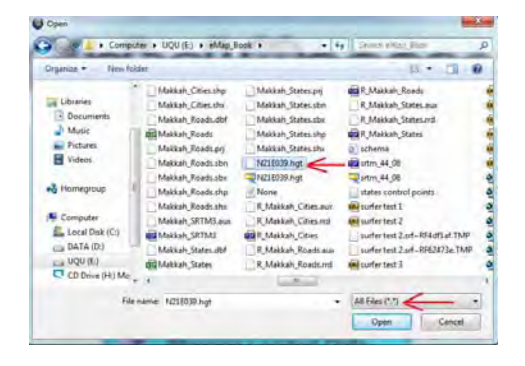
١١-٢ الاقتطاع من الملفات

في الطريقة الأولي من طرق تحميل بيانات نموذج SRTM3 كانت الملفات المحملة أكبر من المنطقة المطلوبة، ولذلك نحتاج طريقة لاقتطاع منطقة الدراسة (مدينة مكة المكرمة) من هذا الملف الكبير.

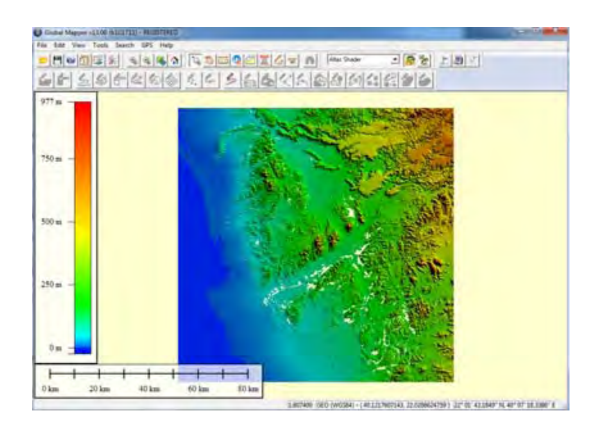
نفتح برنامج الجلوبال مابر ومن القائمة الرئيسية نختار **Open Your Own Data Files** و هو الأمر الخاص بفتح الملفات من الكمبيوتر (وليس من الانترنت):



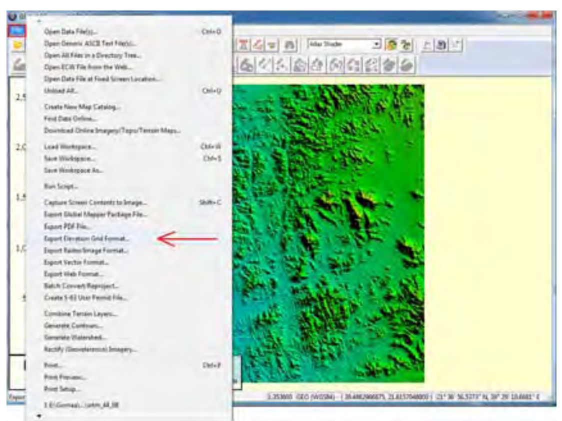
نختار الملف N21E039.hgt (المطلوب فتحه) ثم نضغط Open:



تظهر الآن الملف صورة تضاريس سطح الأرض علي الشاشة ونلاحظ أن الصورة تغطي درجة كاملة في اتجاهي خط الطول و دائرة العرض:



مثلما فعلنا في التمرين السابق لحفظ الملف: نضغط أيقونة ملف **File** من القائمة الرئيسية لبرنامج الجلوبال مابر ومنها نختار أمر تصدير ملفات ارتفاعات **Export Elevation Grid Format**:



نختار نوع آخر لهذا الملف وهو نوع **Arc ASCII Grid**:

Select Export Format

Select the format to export your loaded data to. See http://www.globalmapper.com/product/formats.htm for information on the available formats.

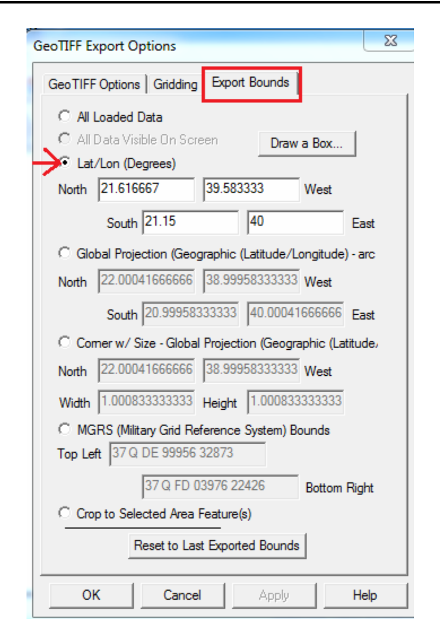
Arc ASCII Grid
Arc ASCII Grid
BIL/BIP/BSQ File
BT (Binary Terrain) File
DEM
DTED
DXF 3D Face File
DXF Mesh
DXF Point File
Erdas Imagine File
Float/Grid File
Geosoft Grid File
GeoTIFF
Global Mapper Grid
Global Mapper Package
Gravsoft Grid
HF2/HFZ
Idrisi
JPG2000 Elevation Grid
Leveller Heightfield

نضغط OK فتظهر رسالة تحذيرية أن تصدير الملف سيتم باستخدام نوع مسقط و إحداثيات الصورة الحالية فنضغط OK:

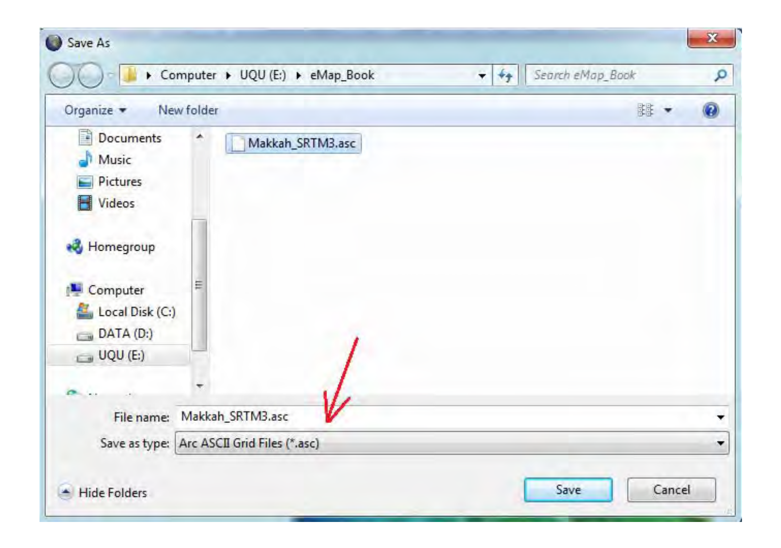


في النافذة التي تحدد عناصر التصدير (الحفظ):

- نضغط أيقونة حدود التصدير **Export Bounds** (لكي نحدد حدود المنطقة المطلوب اقتطاعها)
- نختار **Lat/Lon (Degrees)** أي تحديد خطوط الطول و دوائر العرض بالدرجات
- نكتب في المربعات الأربعة إحداثيات حدود مدينة مكة المكرمة (بالدرجات)
- نضغط OK



نحدد المجلد الذي سيتم داخله حفظ الملف و كذلك نحدد اسم لهذا الملف ثم نضغط Save:



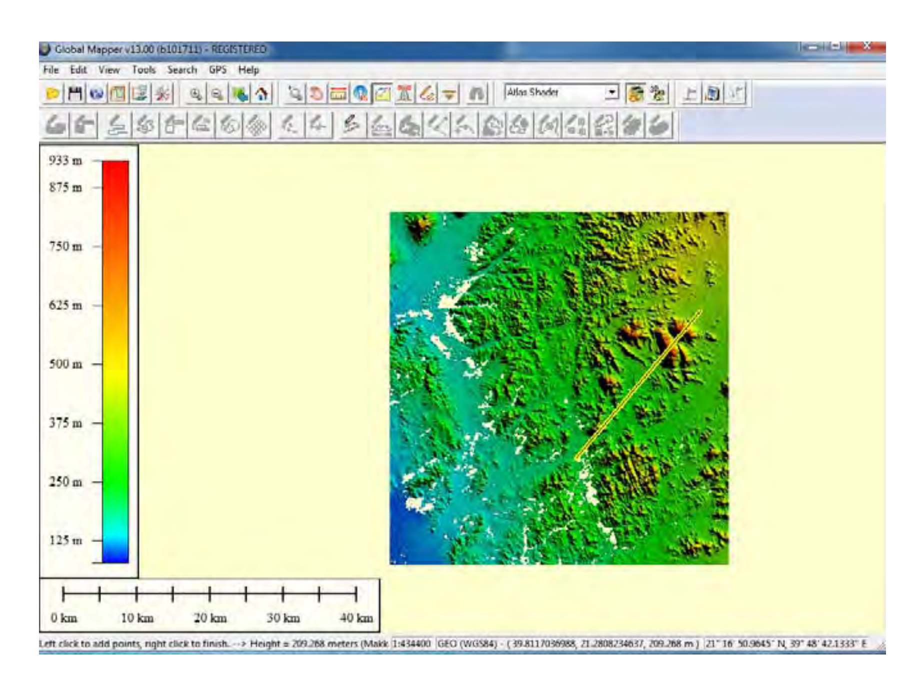
نجد الملف الآن موجود في المجلد الذي قمنا بتحديده، ونري أن حجمه لا يتجاوز ٠.٥ ميجا لأن المنطقة الجغرافية التي اخترناها (مدينة مكة المكرمة) تعد منطقة صغيرة نسبيا.

١١-٣ رسم وتصدير القطاعات

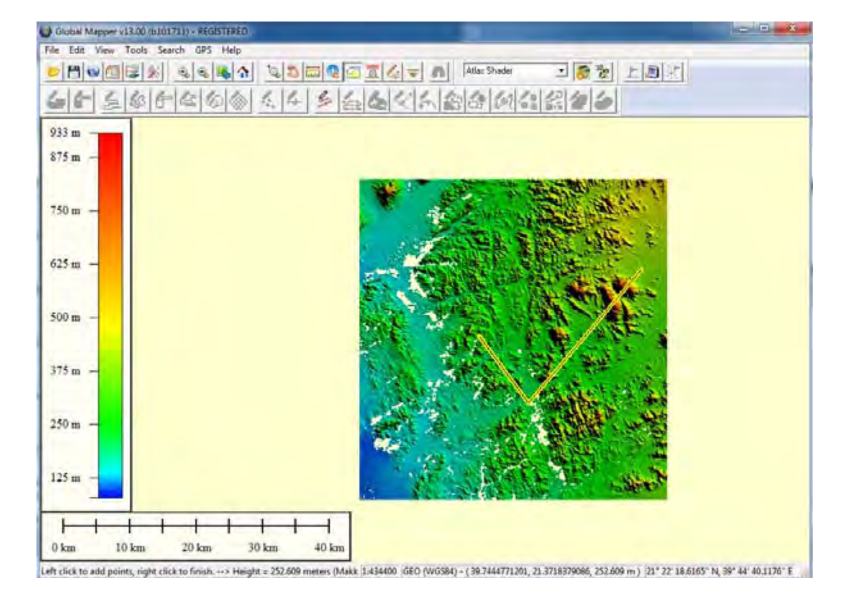
نضغط أيقونة 3D Path Profile الخاصة برسم القطاعات، فتظهر نافذة تحذيرية فنضغط OK:



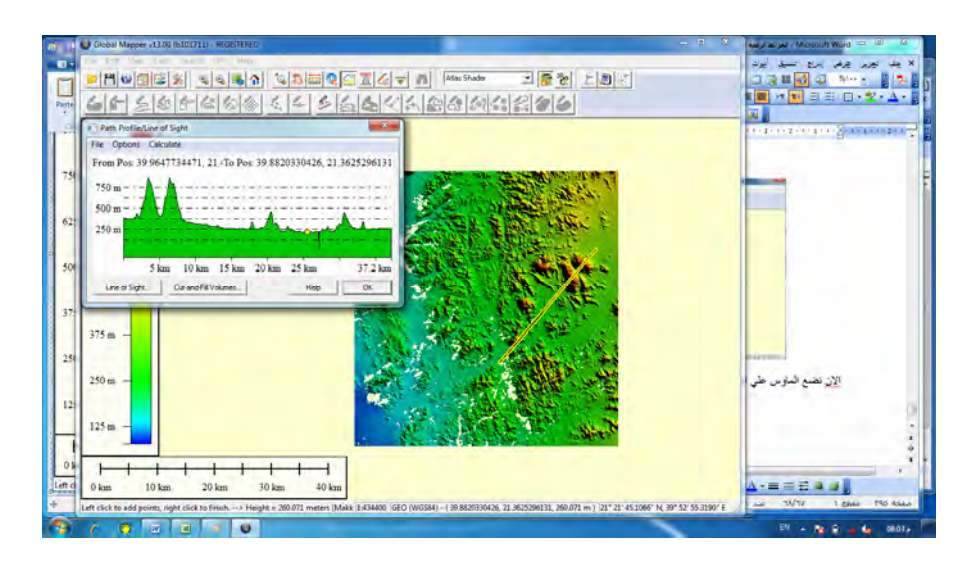
نلاحظ أن شكل الماوس قد تغير إلي دائرة حمراء. بملاحظة الإحداثيات التي تظهر في أسفل شاشة البرنامج نذهب لموقع بداية القطاع ثم نضغط الماوس الأيسر، وكلما تحركنا الآن سنجد خط أصفر مزدوج قد بدأ يظهر علي الشاشة تابعا لحركة الماوس، نذهب لموقع (إحداثيات) نقطة نهاية القطاع ونضغط الماوس الأيسر مرة أخري:



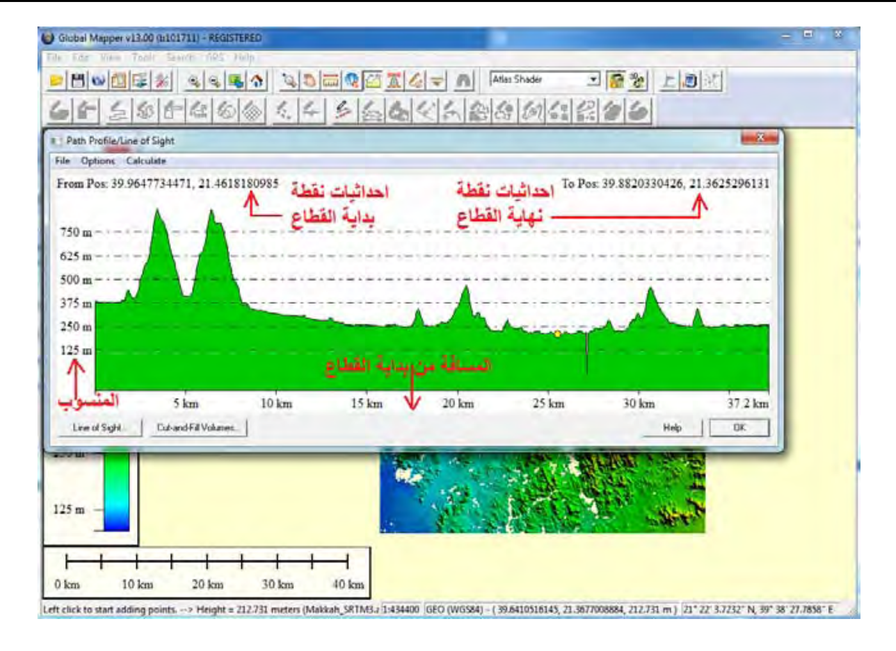
إذا تحركنا بالماوس مرة أخري علي الشاشة فيبدأ خط أصفر آخر يظهر (وهذا في حالة أن القطاع المطلوب رسمه يتكون من عدة أجزاء):



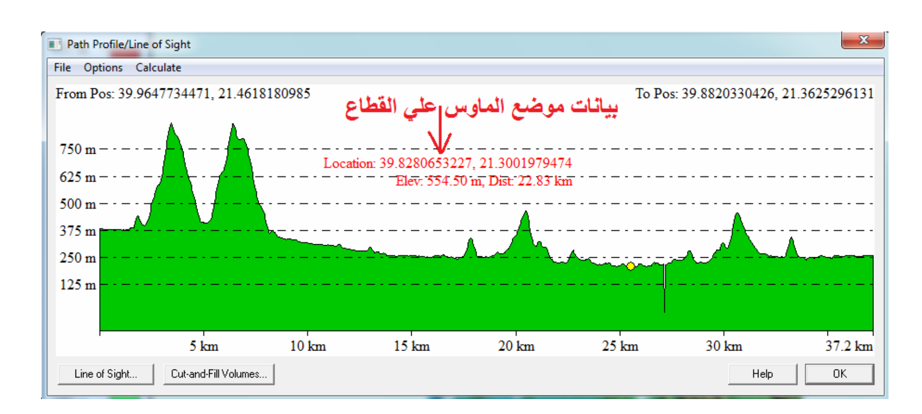
الآن نضع الماوس علي الخط الأول ثم نضغط الماوس اليمين فتظهر نافذة جديدة علي الشاشة بها القطاع العرضي المطلوب:



يمكن تكبير هذه النافذة الجديدة (بشدها بالماوس من أحد أركانها) ونجد بالجزء العلوي منها كلا من إحداثيات نقطة بداية القطاع وإحداثيات نقطة نهاية القطاع، بينما القطاع نفسه مرسوم بحيث أن المحور س يمثل المسافة بالكيلومتر من نقطة بداية القطاع بينما يمثل المحور ص قيم مناسيب سطح الأرض بالمتر:

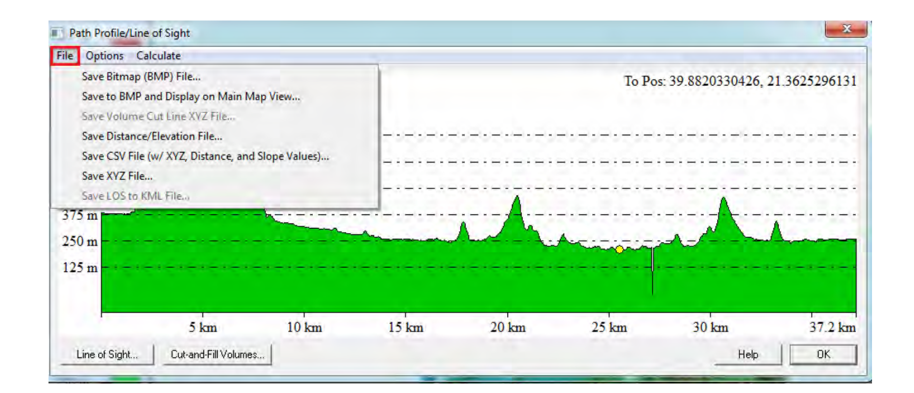


أيضا نلاحظ أننا كلما تحركنا بالماوس علي القطاع (في النافذة) ظهرت لنا إحداثيات نقطة أو موقع الماوس وتشمل: خط الطول و دائرة العرض و المنسوب و المسافة من بداية القطاع:

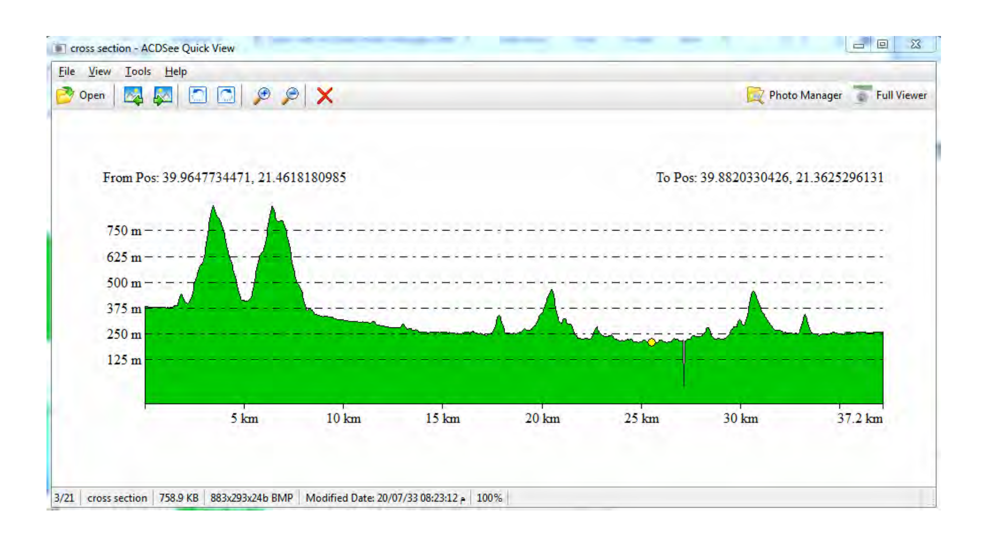


نضغط قائمة ملف File (من نافذة القطاع) فنجد عدة إمكانيات لحفظ هذا القطاع العرضي:

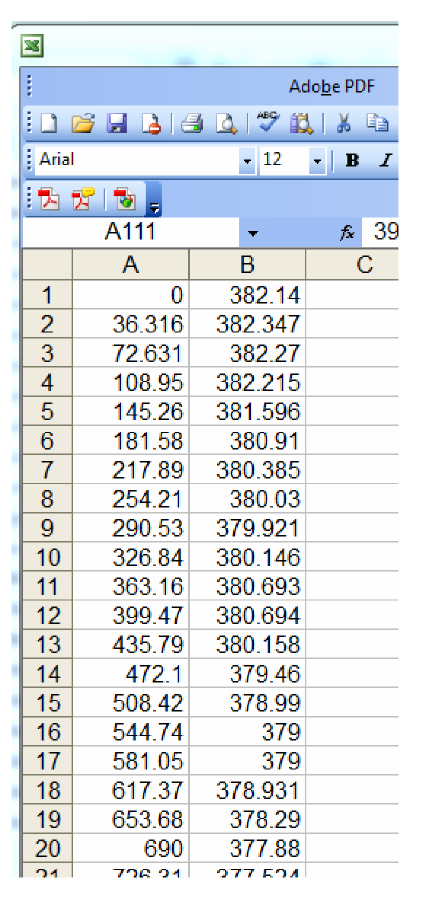
- حفظ القطاع في صورة Save Bitmap (BMP) File
- حفظ القطاع في صورة مع إظهار الصورة في الشاشة الرئيسية لبرنامج جلوبال مابر Save to BMP and Display on Main Map View
- حفظ بيانات المسافة و المنسوب في ملف Save Distance/Elevation File
- حفظ ملف نصي يشمل الإحداثيات و المسافة والميل Save CSV File (w XYZ, Distance, and Slope Values)
- حفظ ملف نصي للإحداثيات الثلاثية Save XYZ



إذا اخترنا حفظ القطاع كصورة من نوع BMP نحدد أسم الملف ونضغط OK، فتنتج الصورة التالية:

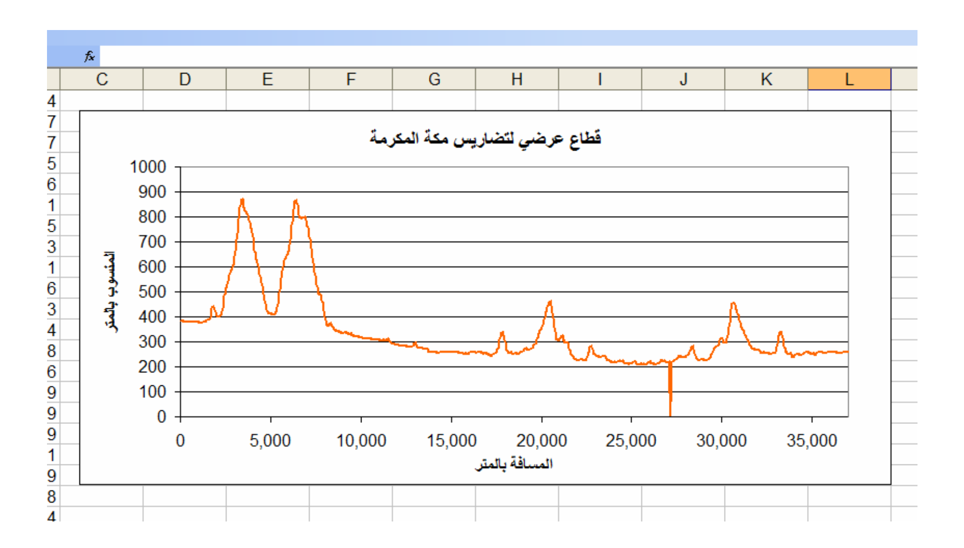


و إذا اخترنا حفظ بيانات المسافة و المنسوب في ملف فنحدد اسم هذا الملف ونضغط Ok. سيكون الملف الناتج بامتداد XYZ ويمكن فتحه كملف نصي في أي برنامج آخر (الإكسل مثلا) حيث نجد به عشرات النقاط علي القطاع وكل سطر مكون من عمودين: المسافة بالمتر و المنسوب بالمتر:



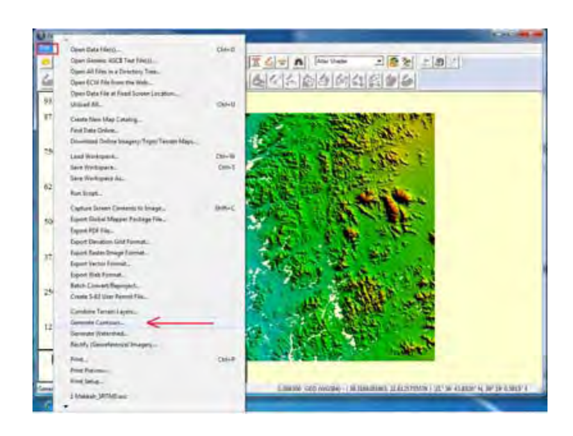
	A	B	C
1	0	382.14	
2	36.316	382.347	
3	72.631	382.27	
4	108.95	382.215	
5	145.26	381.596	
6	181.58	380.91	
7	217.89	380.385	
8	254.21	380.03	
9	290.53	379.921	
10	326.84	380.146	
11	363.16	380.693	
12	399.47	380.694	
13	435.79	380.158	
14	472.1	379.46	
15	508.42	378.99	
16	544.74	379	
17	581.05	379	
18	617.37	378.931	
19	653.68	378.29	
20	690	377.88	

يمكن رسم القطاع مرة أخري (من هذا الملف) من داخل برنامج الإكسل مثلا:

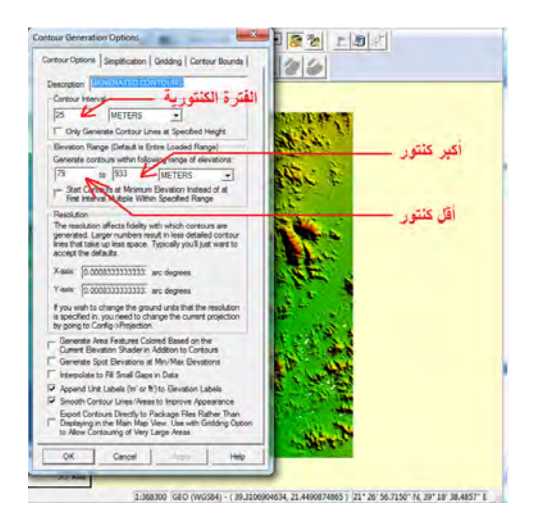


١١-٤ الخريطة الكنتورية

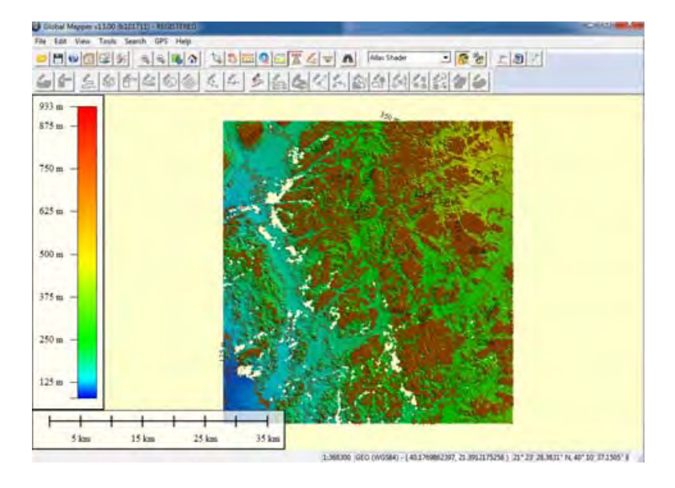
نفتح ملف نموذج الارتفاعات الرقمية السابق Makkah_SRTM.asc ثم من قائمة **File** نختار أمر إنشاء كنتور **Generate Contours**:



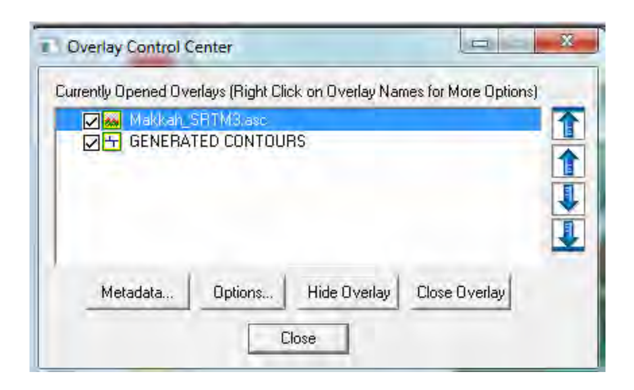
نحدد قيمة الفترة الكنتورية المطلوبة Contour Interval كما يمكننا أيضا (إن أردنا) تغيير قيمة أقل كنتور وقيمة أكبر كنتور، ثم نضغط OK:



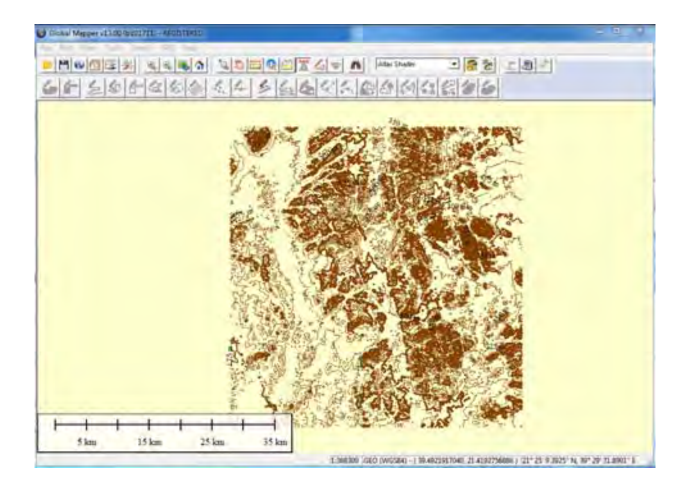
نظهر طبقة الكنتور علي الخريطة أعلي من صورة نموذج الارتفاعات الرقمية نفسه:



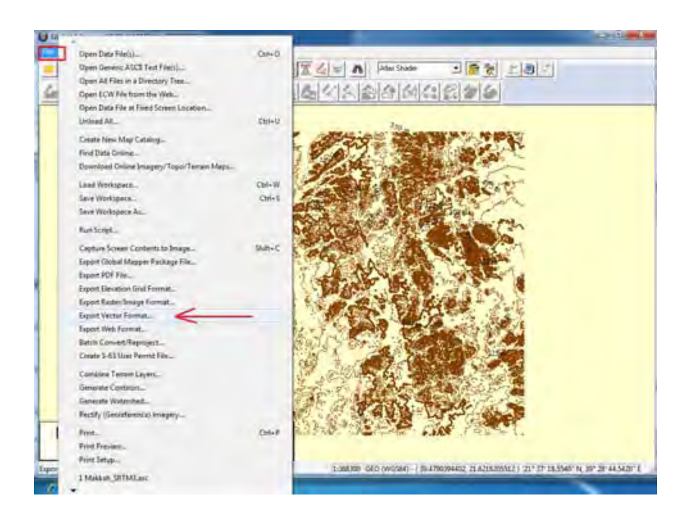
لإخفاء نموذج الارتفاعات الرقمية، نضغط أيقونة فتح مركز التحكم Open Control Center فنجد طبقتين بالمشروع الحالي:



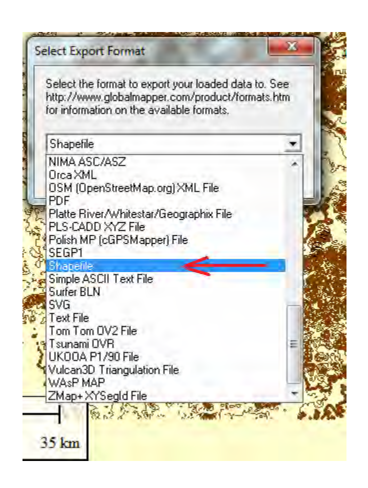
فنقوم بإزالة علامة صح من أمام طبقة نموذج الارتفاعات الرقمية فتصبح الخريطة الحالية لطبقة الكنتور فقط:



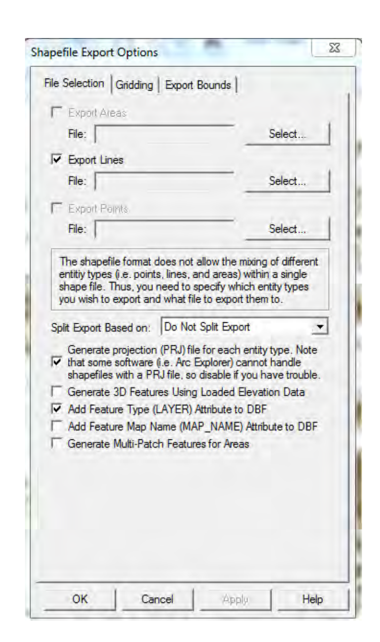
لتصدير الخريطة الكنتورية نضغط قائمة ملف File ثم نختار أمر تصدير بيانات خطية Export Vector Format (لأن هذه الطبقة من نوع الطبقات الخطية vector وليست من نوع الطبقات الشبكة raster) :



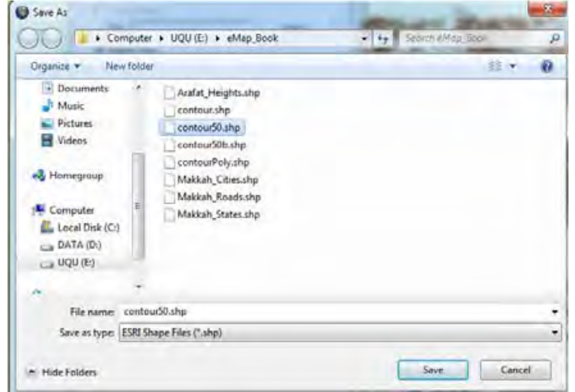
ثم نختار نوع ملف التصدير من القائمة (أنواع كثيرة من الملفات مثل ملفات shp لبرنامج Arc Map وملفات DWG لبرنامج الأوتوكاد وملفات BLN لبرنامج السيرفر) فنختار مثلا نوع shp:



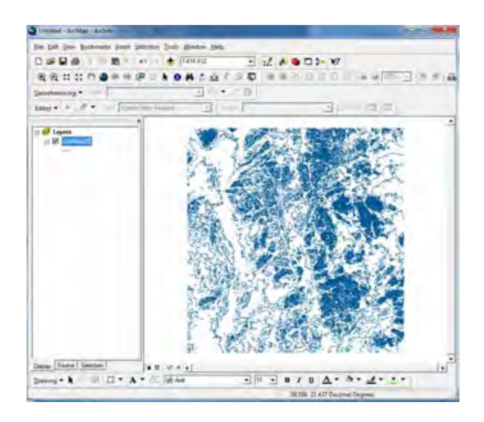
وفي نافذة نوع الطبقة المطلوبة نحدد نوع الخطوط (فهي طبقة خطوط في الأساس) بأن نضع علامة صح أمام كلمة Export Lines ثم نضغط OK:



ثم نحدد مجلد و اسم ملف الطبقة المطلوبة:

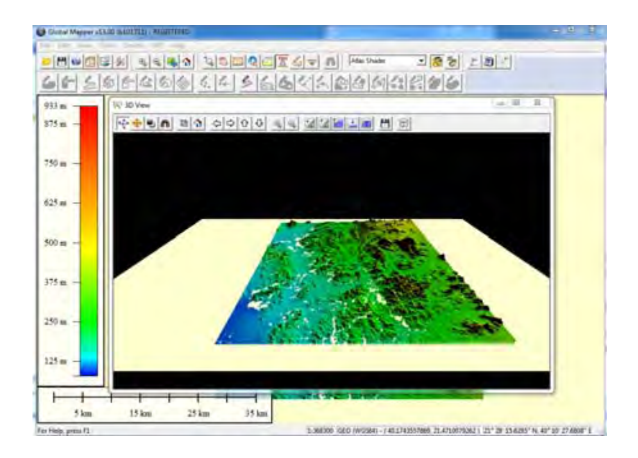


تنتج طبقة خطوط الكنتور والتي يمكن فتحها في برنامج Arc Map:



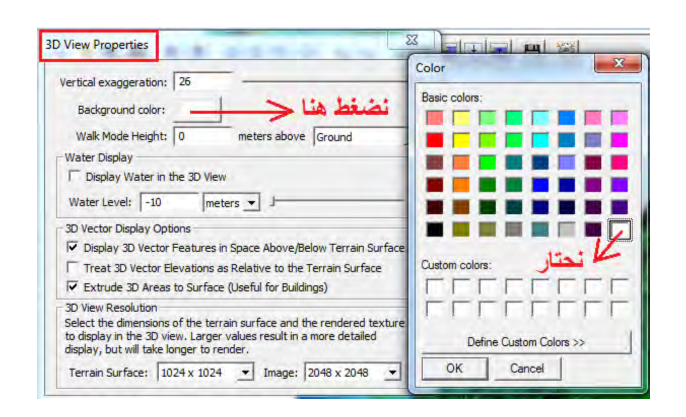
١١-٥ المجسمات ثلاثية الأبعاد

لإنشاء مجسم ثلاثي الأبعاد من نموذج الارتفاعات الرقمية نضغط أيقونة عرض المجسمات Show 3D View ، فيتم فتح نافذة جديدة بها المجسم:

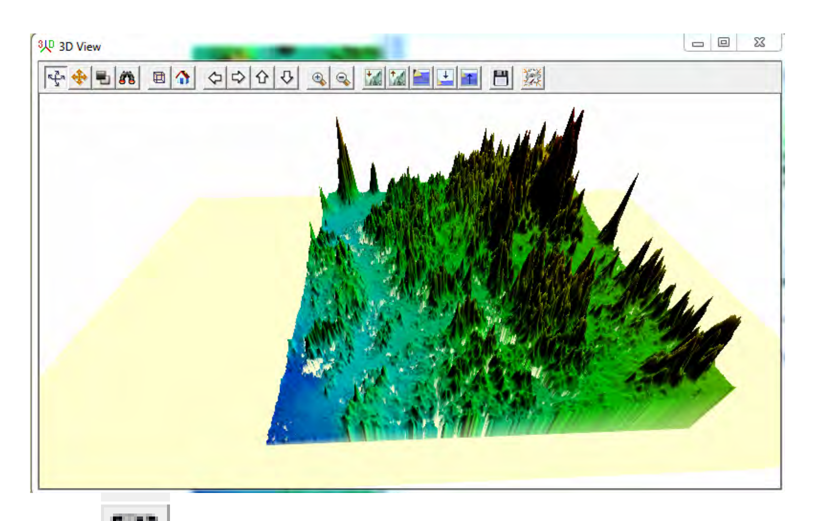


من هذه النافذة يمكن التحكم بالماوس في المجسم (نضغط المفتاح الأيسر للماوس باستمرار ونتحرك فيدور معنا المجسم في نفس اتجاه الحركة لليمين ولليسار ولأعلى ... الخ):

من نافذة المجسم نضغط أيقونة تغيير خصائص العرض Change Display Properties لنجعل لون الخلفية باللون الأبيض بدلا من اللون الأسود:



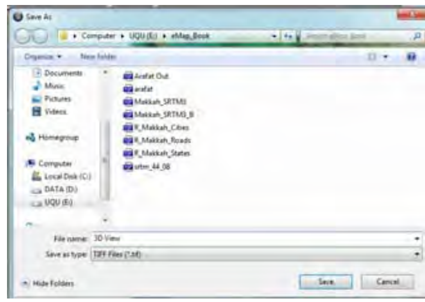
لتضخيم الارتفاعات (المناسيب) علي المجسم لإبراز التضاريس نضغط أيقونة تضخيم الارتفاعات Emphasize Heights عدة مرات:



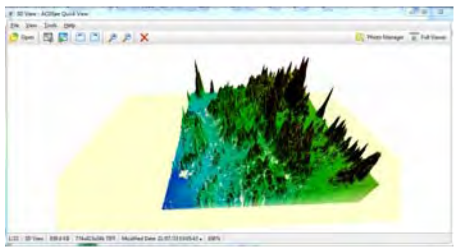
لحفظ صورة المجسم نضغط أيقونة حفظ الصورة Save Image (من نافذة المجسم) ثم نختار نوع الصورة المطلوبة ونضغط OK:

3D Screen Capture Options
Screen Capture
Image Format
JPEG
PNG
TIFF
Windows Bitmap (BMP)
Image Size
Width (Pixels): 774
Height (Pixels): 413
Restore Default Size
OK Cancel Apply Help

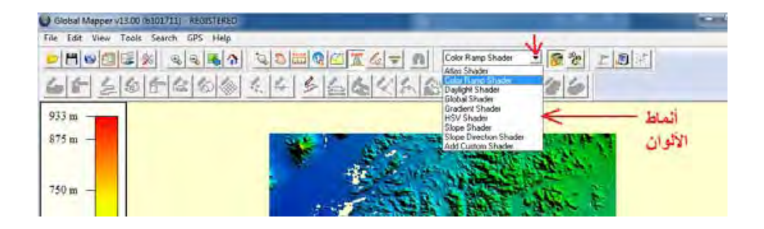
نحدد مجلد و اسم ملف الصورة:



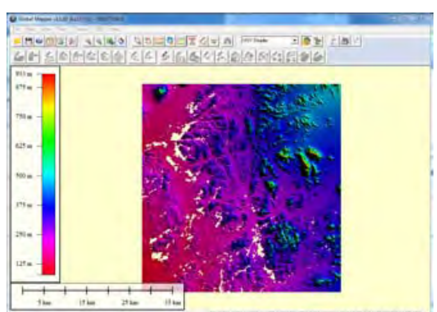
فتصبح صورة المجسم محفوظة في ملف حيث يمكن التعامل معها بأي طريقة (فمثلا يمكن إضافتها إلي ملف word):

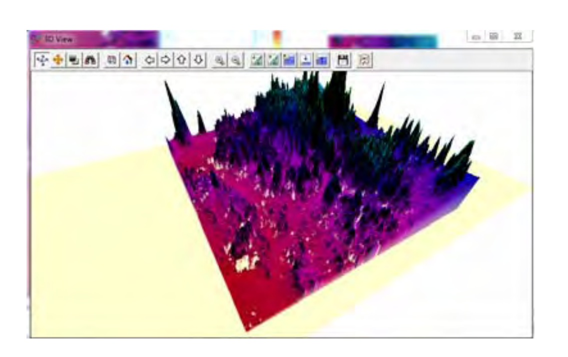


يمكن تغيير نمط الألوان لنموذج الارتفاعات الرقمية باختيار أي نمط من الأنماط المتوفرة في شريط أدوات برنامج الجلوبال مابر:



وعند اختيار نمط ألوان جديد سيتم تطبيقه علي الخريطة الأصلية (شاشة الجلوبال مابر) وأيضا علي المجسم ثلاثي الأبعاد (نافذة المجسم):





في هذا الفصل من الكتاب تم شرح بعض إمكانيات برنامج الجلوبال مابر خاصة في إنتاج الخرائط و القطاعات، لكن توجد إمكانيات أخري لهذا البرنامج الشهير. أيضا تجدر الإشارة لوجود عدد من ملفات الفيديو التدريبية والملفات التعليمية الأخرى باللغة العربية متاحة علي مواقع الانترنت، وبعضها موجود في قائمة المراجع في نهاية الكتاب وننصح القارئ بتحميل هذه الملفات والاستفادة منها ليزيد من خبرته في التعامل مع هذا البرنامج في مجال الخرائط الرقمية.

الفصل الثاني عشر

الاستفادة من برنامج Google Earth

برنامج الجوجل ايرث هو برنامج **لعرض** المرئيات الفضائية (صور الأقمار الصناعية) لكل سطح الأرض بقدرة تمييزية أو توضيحية جيدة.

هناك ٣ أخطاء شائعة بين المستخدمين عن برنامج الجوجل ايرث:

١. أنه برنامج لمعالجة المرئيات الفضائية (برنامج استشعار عن بعد).
٢. أن صور الجوجل ايرث تكون صور حديثة وتعبر عن الواقع اللحظي للمنطقة الجغرافية المعروضة.
٣. أنه يمكن تخزين (تحميل) مرئيات الجوجل ايرث بنفس قدرتها التمييزية.

أولا: ما يقوم الجوجل ايرث بعرضه هو مجموعة من المرئيات الفضائية التي تقدمها شركات الاستشعار عن بعد (أي أنه يعرض ما هو متاح لديه) وتختلف المرئيات المعروضة عن المرئيات الحقيقية في أن المرئية الحقيقية تكون مقسمة إلي نطاقات Bands من الأطياف الكهرومغناطيسية (طبقا لمواصفات كل قمر صناعي) بينما المرئية المعروضة لا تشتمل هذه النطاقات. وبالتالي لا يمكن استخدام مرئيات الجوجل ايرث في التحليل المكاني (تصنيف استخدامات الأراضي علي سبيل المثال) مثلما يتم باستخدام المرئيات الحقيقية وبرامج الاستشعار عن بعد، فهو مجرد "برنامج عرض".

ثانيا: عادة تكون مرئيات الجوجل ايرث في حدود فترة زمنية ١-٢ سنة أقل من التاريخ اللحظي (أي أنها قديمة نسبيا) و لا تمثل الواقع الفعلي أو اللحظي Real-Time. كما سبق الذكر أن الجوجل ايرث يعتمد علي ما تقدمه شركات الاستشعار عن بعد أي أنه أقرب ما يكون "عرض تجاري لمنتجات" وليس المنتجات ذاتها، فهذه الشركات تقوم ببيع المرئيات الفضائية الحديثة (مئات الدولارات أحيانا للمرئية الواحدة) ولن تعرضها للمستخدمين مجانا!.

ثالثا: يتيح برنامج الجوجل ايرث في قائمة أوامره أمر "حفظ الصورة"، لكن هذه الصورة المحفوظة تمثل المعروض علي شاشة البرنامج لحظة الحفظ. أي أننا لا نستطيع تكبير الصورة zoom in (من خارج الجوجل ايرث) لرؤية تفاصيل ما بها من مظاهر مثلما نفعل في البرنامج نفسه. أما إذا أردنا حفظ التفاصيل فيجب تكبير المعروض علي الشاشة وحفظه صورة بعد أخري في مئات (بل ربما آلاف) الصور.

يوجد نسختين من الجوجل ايرث:

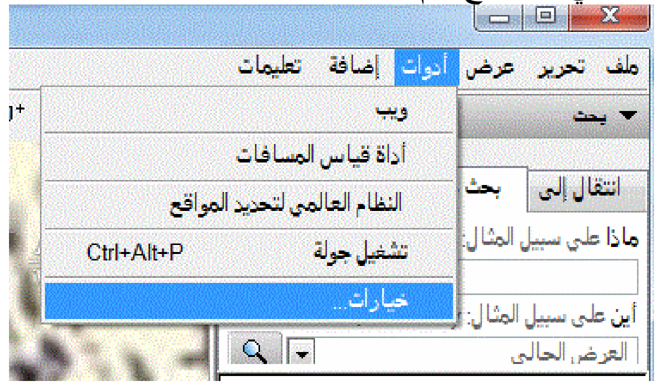
١. النسخة العادية وهو مجانية يمكن تحميلها من موقع الشركة (الإصدار الحالي هو الإصدار ٦) في الرابط:
http://www.google.com/intl/ar/earth/download/ge/agree.html
٢. نسخة المحترفين Google Earth Pro وهي تجارية يجب شراؤها.

١٢-١ تشغيل الجوجل ايرث

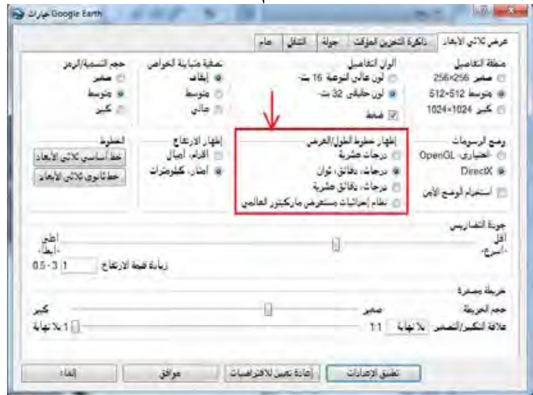
عند فتح البرنـامج (نسخة أو إصـدار المحترفين النسخة ٤.٢) فتوضـح الشـاشة الرئيسية كامل الكرة الأرضية، ويوجد بأيسر الشاشة مؤشر رأسي للتكبير و التصغير (الزووم) بينما الأسهم الأربعة الموجودة داخل الدائرة – علي يمين الشاشة – فتستخدم لتحريك الصورة المعروضة في الاتجاهات الأربعة. في شريط الأدوات السفلي بشاشة البرنـامج توجد إحداثيات موضع المـاوس علي الصورة:



يمكن تغيير طريقة و نـوع الإحداثيات المعروضـة علي شاشـة البرنـامج من خـلال أمر أدوات في شريط الأدوات الرئيسي للبرنامج، ثم أمر خيارات:

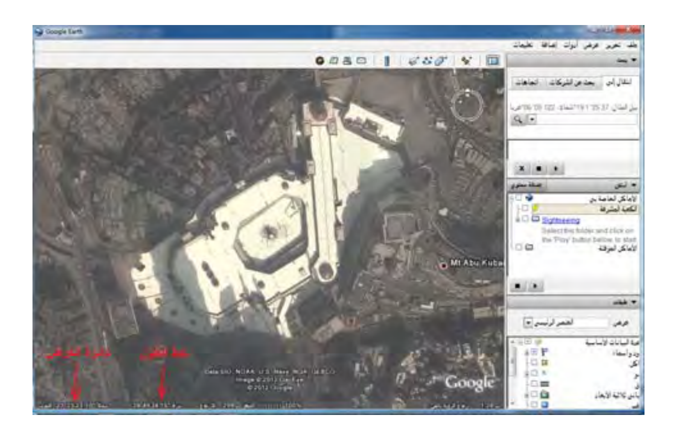


حيث نجد ٣ طـرق لعـرض الإحـداثيات الجغرافيـة (خـط الطـول و دائـرة العـرض) بالإضـافة للطريقة الرابعة لعرض الإحداثيات المترية بنظام ميريكاتور المستعرض العالمي UTM :



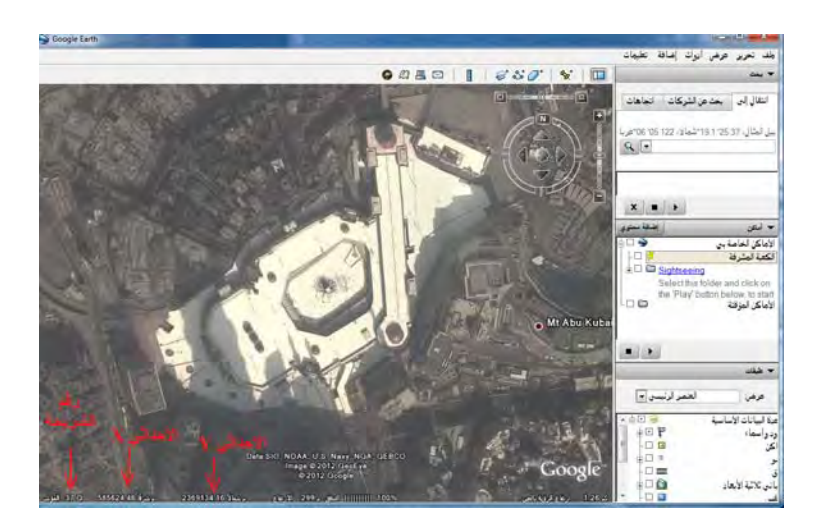
بسهولة يمكن قراءة إحداثيات موضع الماوس في شريط أسفل شاشة البرنامج، فمثلا الإحداثيات الجغرافية للكعبة المشرفة في المثال التالي هي:

دائرة العرض = ٢١.١٠" ٢٥' ٢١° شمالا
خط الطول = ٣٤.١٥" ٤٩' ٣٩° شرقا



إذا غيرنا نوع الإحداثيات إلي إحداثيات UTM فأن الإحداثيات المعروضة لموضع الماوس (الكعبة المشرفة) في الصورة التالية تكون:

رقم شريحة UTM = 37Q
الاحداثي الشرقي X = ٥٨٥٦٢٤.٤٨ متر
الاحداثي الشمالي Y = ٢٣٦٩١٣٤.١٦ متر



١٢-٢ دقة مرئيات الجوجل ايرث

تتكون مرئيات الجوجل ايرث من عدة أنواع من المرئيات الفضائية التي تغطي سطح الأرض ويختلف نوع المرئية من مكان لآخر. توجد مواقع جغرافية مغطاة بمرئيات للقمر الصناعي ايكونوس وتوجد مناطق جغرافية أخري مغطاة بمرئيات القمر سبوت ... وهكذا. تختلف نوعيات المرئيات طبق لنوع القمر الصناعي من حيث قدرة التمييز المكاني وأيضا من حيث

دقة الإرجاع الجغرافي لكل مرئية. في العديد من المنتديات (العربية و الأجنبية) المتخصصة في الجغرافيا و الخرائط و المساحة قام الكثيرون بمحاولات تقييم دقة مرئيات الجوجل ايرث من خلال مقارنة الإحداثيات الحقيقية الدقيقة لبعض المواقع بإحداثياتها المستنبطة من الجوجل ايرث. أشار الكثيرون إلي أن دقة الجوجل ايرث تختلف من مكان لآخر علي سطح الأرض لكنها **بصفة عامة تتراوح بين ٥ و ٢٠ متر في المستوي الأفقي**. بناءا علي هذا الأساس فأن إحداثيات الجوجل ايرث تصلح للأعمال الجغرافية التي لا تتطلب دقة عالية ولا تصلح لإجراء القياسات الدقيقة. أي أنها تصلح للخرائط ذات مقاييس الرسم المتوسطة و الصغيرة ولا تصلح للخرائط التفصيلية ذات مقاييس الرسم الكبيرة.

١٢-٣ استخدام الجوجل ايرث في الإرجاع الجغرافي

يمكن استخدام الجوجل ايرث في استخراج إحداثيات بعض النقاط التي يمكن استخدامها في إتمام عملية الإرجاع الجغرافي للخرائط الممسوحة ضوئيا أو للمرئيات الفضائية. لكن **علي المستخدم أن يضع في ذهنه دقة إحداثيات الجوجل ايرث (٥-٢٠ متر)** ويعرف في أية تطبيقات يمكنه الاعتماد علي هذه الإحداثيات من عدمه. هنا نؤكد علي أن إحداثيات الجوجل ايرث (مثلها مثل إحداثيات أجهزة الجي بي أس من النوع الملاحي أو المحمول يدويا) لا تصلح لتطوير الخرائط الرقمية ذات مقاييس الرسم الكبيرة أو مشروعات نظم المعلومات الجغرافية التي تتطلب دقة عالية. بالرجوع للفصل السابع (الجزء ٧-١-١) نجد أن دقة إحداثيات الجوجل ايرث تناسب الخرائط ذات مقياس الرسم ١ : ٥٠،٠٠٠ وأصغر. وفي هذه الحالة فأن الجوجل ايرث يوفر بديلا مناسبا لاستخدام أجهزة الجي بي أس دون الذهاب للموقع علي الطبيعة وبالتالي فهو يوفر الوقت و الجهد والتكلفة المادية.

١٢-٤ استخدام صفحة ويكي مابيا في الإرجاع الجغرافي

كبديل لبرنامج الجوجل ايرث يوجد موقع أو صفحة انترنت (وليس برنامج software يحتاج للتحميل و التثبيت) لمؤسسة **الويكي مابيا** وهي مؤسسة عالمية تهدف لإنشاء خريطة تفاعلية للعالم كله يساهم في إنشاؤها المستخدمين أنفسهم:

http://wikimapia.org/

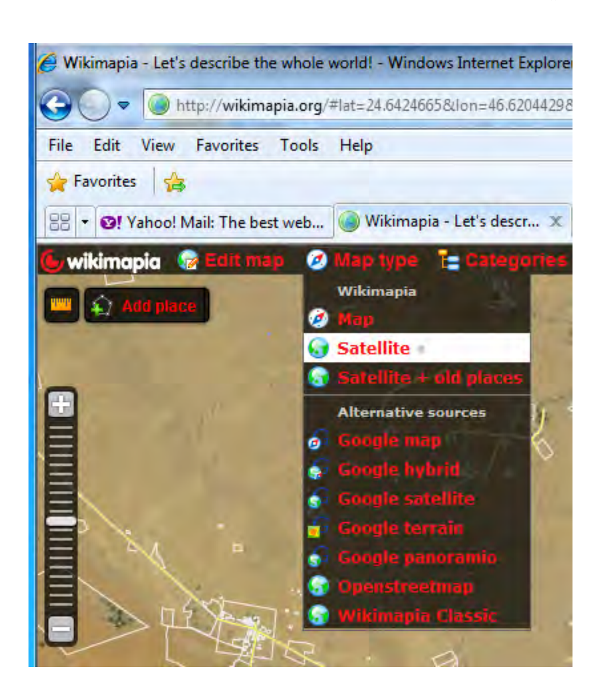
وعند فتح الصفحة فأنها تشعر بالدولة التي ينتمي إليها المستخدم (من خلال رقم IP لكمبيوتر المستخدم) وتفتح الصفحة علي عاصمة هذه الدولة. فمثلا إن كان المستخدم موجود في السعودية فأن الرابط سيفتح مباشرة علي مدينة الرياض.

تشغيل الموقع مثله مثل تشغيل الجوجل ايرث فحركة الماوس في أي اتجاه تحرك الصورة المعروضة في نفس الاتجاه، كما توجد علي يسار الشاشة مؤشر لتكبير zoom in وتصغير zoom out الصورة المعروضة. أما الإحداثيات المعروضة أسفل يسار الشاشة فهي إحداثيات علامة + الموجودة في منتصف الشاشة بالضبط. فإذا أراد المستخدم معرفة إحداثيات أي نقطة (أو موقع) محدد فيجب وضعه في منتصف الشاشة في هذه العلامة بالضبط ثم يقرأ الإحداثيات علي يسار أسفل الشاشة. أيضا عنوان الصفحة الحالية (الرابط) الموجود في شريط أدوات برنامج الانترنت نفسه فهو نفس إحداثيات علامة + في منتصف الشاشة. فمثلا الرابط التالي:
http://wikimapia.org/#lat=24.6424665&lon=46.6204429&z=10&l=0&m=b

يدل علي أن إحداثيات علامة + (منتصف الشاشة) الحالية هي: دائرة العرض ٢٤.٦٤٢٤٦٦٥ درجة شمالا و خط الطول ٤٦.٦٢٠٤٤٢٩ درجة شرقا.



العرض الأساسي لصفحة الويكي مابيا يتكون من المرئية الفضائية بالإضافة للخريطة (غالبا للطرق فقط) للمنطقة الجغرافية. لكن يسمح الموقع بتغيير طريقة العرض من خلال عدة اختيارات عند الضغط علي أيقونة Map Type:



فيمكن اختيار أمر Google satellite لعرض المرئية الفضائية فقط:

أو اختيار أمر Google map لعرض الخريطة فقط:



كما يمكن للمستخدم ضبط الصفحة (الرابط) علي موقع معين (مدينة مكة المكرمة مثلا) ثم إضافة الرابط إلي قائمة المفضلة Favorites في جهاز الكمبيوتر لديه (مثل أي صفحة انترنت عادية) ليتم استدعاؤها مرة أخري والوصول إليها مباشرة بدلا من فتح صفحة عاصمة الدولة في كل مرة.

دقة إحداثيات صفحة الويكي مابيا هي **نفس** دقة إحداثيات برنامج الجوجل ايرث.

لمزيد من المعلومات و شرح كيفية تشغيل موقع الويكي مابيا (باللغة العربية) يمكن الاطلاع علي الرابط:

http://wikimapia.org/wiki/Main_Page/ar

١٢-٥ التحويل بين ملفات برنامجي الجوجل ايرث و الارك ماب

لأهمية و انتشار تطبيقات كلا من برنامجي الارك ماب و الجوجل ايرث فقد قامت بعض الشركات بتطوير برامج (أو ملحقات extensions) تسمح بتحويل الملفات بين صيغة كل برنامج وصيغ البرامج الخرائطية الأخرى. ومن هذه الأدوات أو البرامج (غير المجانية) علي سبيل المثال:

- برنامج KML2SHP: لتحويل ملفات الجوجل ايرث kml إلي ملف طبقة shapefile ببرنامج الارك ماب.

http://www.zonums.com/kml2shp.html

- برنامج SHP2KML: لتحويل ملفات الطبقات shapefile ببرنامج الارك ماب إلي ملفات الجوجل ايرث kml.

http://www.zonums.com/shp2kml.html

- برنامج Arc2Earth: لتحويل ملفات الطبقات shapefile ببرنامج الارك ماب إلي ملفات الجوجل ايرث kml.

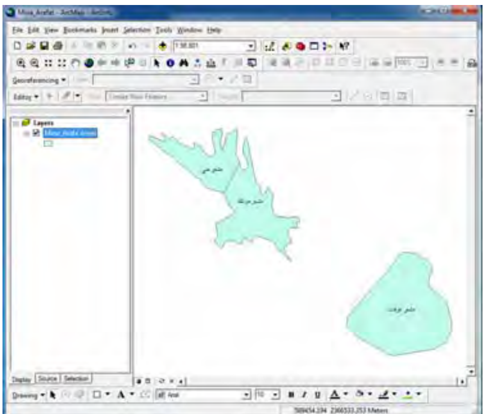
http://www.arc2earth.com/

- برنامج CAD2SHP: لتحويل ملفات الأوتوكاد إلي ملف طبقة shapefile ببرنامج الارك ماب.

http://www.guthcad.com/

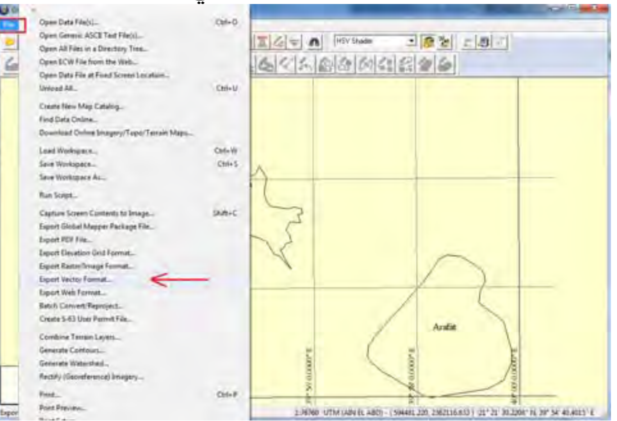
في الفصل السابق ذكرنا أن من أهم مميزات (أو إمكانيات) برنامج الجلوبال مابر أنه يدعم العديد من صيغ الملفات وبالتالي فأنه يستطيع تصدير الملف من أي صيغة إلي أخري. ومن هذه الصيغ (أو أنواع الملفات) كلا من صيغة shp الخاصة بطبقات برنامج الارك ماب و صيغة kml الخاصة ببرنامج الجوجل ايرث. في المثال التالي سنستخدم الجلوبال مابر لعرض طبقة من طبقات الارك ماب علي الجوجل ايرث:

الصورة التالية لطبقة (من نوع المضلعات) تمثل المشاعر المقدسة: مني و مزدلفة و عرفات في مدينة مكة المكرمة:

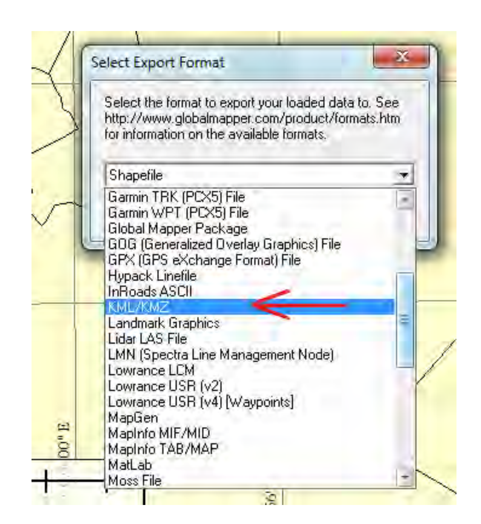


نفتح برنامج الجلوبال مابر ومن أيقونة Open Your Own Data Files نختار هذا الملف (الطبقة) فيتم فتحها في البرنامج مع وضع خطوط شبكة لبيان الإحداثيات الجغرافية لهذه المنطقة:

من قائمة ملف File نختار أمر تصدير صيغة ملف خطي Export Vector Format:

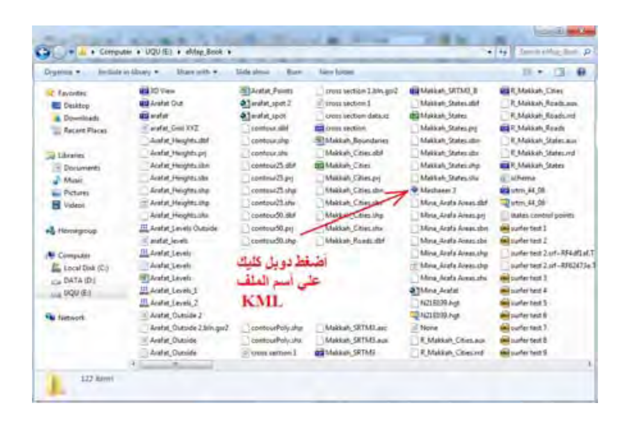


من الأنواع المتاحة نختار نوع KML/KMZ (صيغة يتعامل معها الجوجل ايرث مباشرة):

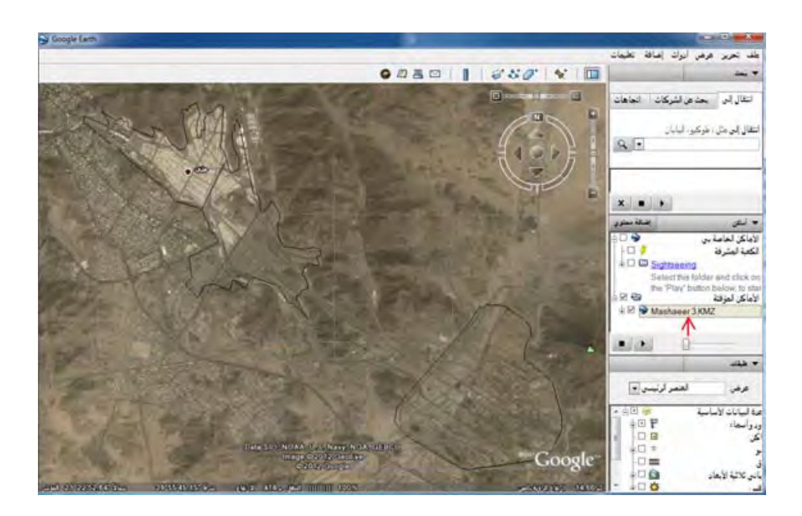


نحدد مجلد و أسم الملف المطلوب:

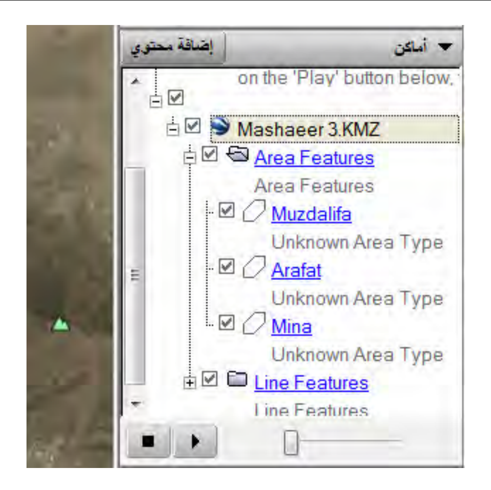
في المجلد سيوجد الآن هذا الملف. لفتحه نضغط علي أسمه ضغطتين متتاليتين (دوبل كليك):



بمجرد الضغط سيتم فتح برنامج الجوجل ايرث (يجب أن تكون متصلا بالانترنت طبعا) وفتح الشاشة مباشرة علي موقع أو مكان المشاعر المقدسة بمدينة مكة المكرمة. كما سيتم إضافة ملف KML في قائمة محتويات البرنامج:



نلاحظ أن حدود المضلعات الثلاثة (المشاعر الثلاثة المقدسة) غير واضحة تماما، والسبب في طريقة رسمها (خصائص الرسم). لتغيير خصائص المضلعات في الجوجل ايرث نضغط مرتين علي اسم الملف ليتم عرض مكوناته التفصيلية (أسماء المشاعر الثلاثة):



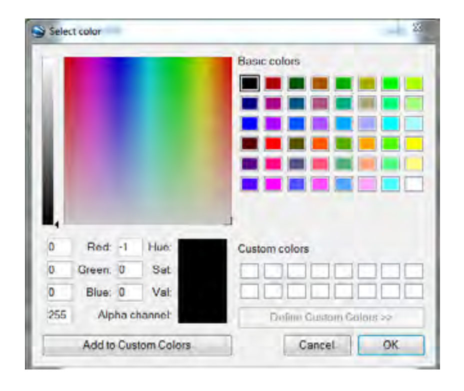
نبدأ في تغيير خصائص أول مضلع Muzdalifa بضغط الماوس اليمين علي اسمه ثم اختيار أمر خصائص (أو بالضغط عليه دوبل كليك):



من النافذة الجديدة نضغط أيقونة النمط و اللون:



تحت كلمة الخطوط نضغط أيقونة اللون (لتغيير اللون الأسود المرسوم به هذا المضلع) ومن قائمة الألوان نختار اللون الأحمر مثلا:

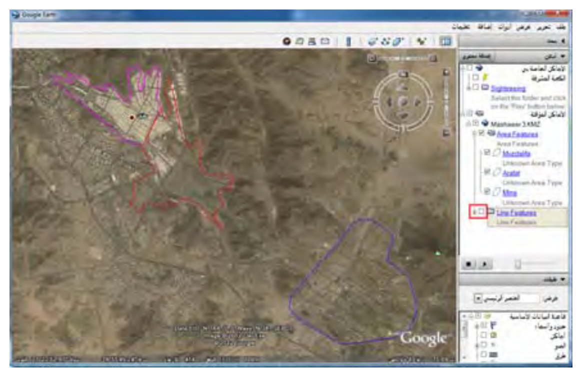


نضغط OK في الشاشتين المتتاليتين. نجد الآن مشعر مزدلفة قد تم تغيير لونه علي شاشة الجوجل ايرث ليصبح باللون الأحمر:

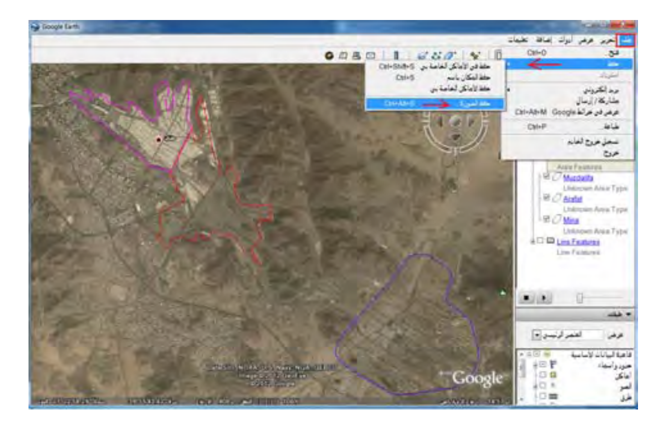


يمكن أيضا تغيير سمك الخط لهذا المضلع من نافذة الخصائص مرة أخري.

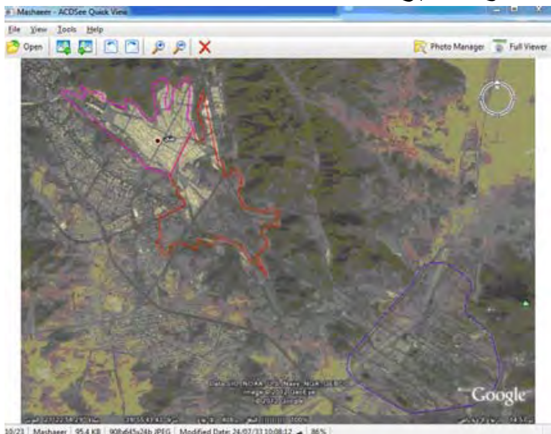
بهذه الطريقة نقوم بتغيير خصائص المضلعات الثلاثة. في حالة أننا لا نريد عرض شبكة الإحداثيات الموجودة في ملف KML الأصلي (التي أضافها الجلوبال مابر) نزيل علامة صح الموجودة أمام كلمة Line Features الموجودة بأسفل المضلعات الثلاثة. وبذلك تصبح الشاشة النهائية كالتالي:



لحفظ الصورة (المعروضة علي شاشة الجوجل ايرث) نضغط قائمة ملف ثم نختار حفظ ثم نختار حفظ الصورة:



نحدد اسم الملف و مجلد حفظة. الآن أصبحت لدينا صورة بها مواقع المشاعر المقدسة الثلاثة ويظهر في خلفيتها مرئية الجوجل ايرث:



في هذا الفصل من الكتاب تم شرح بعض إمكانيات برنامج الجوجل ايرث خاصة في إنتاج الخرائط ، لكن تجدر الإشارة إلي وجود إمكانيات أخري لهذا البرنامج الشهير. أيضا يجب الانتباه لوجود عدد من ملفات الفيديو التدريبية والملفات التعليمية الأخرى باللغة العربية متاحة علي مواقع الانترنت، وبعضها موجود في قائمة المراجع في نهاية الكتاب وننصح القارئ بتحميل هذه الملفات والاستفادة منها ليزيد من خبرته في التعامل مع هذا البرنامج في مجال الخرائط الرقمية.

المراجع

(١) المراجع العربية:

(١-١) الكتب المطبوعة:

أبو راضي، فتحي عبد العزيز (١٩٩٦م) المساحة و الخرائط: دراسة في الطرق المساحية و أساليب التمثيل الكارتوجرافي، دار المعرفة الجامعية، القاهرة، مصر.
إبراهيم، نقولا (١٩٨٢) مساقط الخرائط، منشأة دار المعرف، الإسكندرية، مصر.
الشافعي ، شريف فتحي (٢٠٠٥م) الأساليب الفنية للإعداد و استخدام و حفظ الخرائط المساحية الخرائط الكنتورية ، دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع ، القاهرة ، مصر.
الشافعي ، شريف فتحي (٢٠٠٥م) الأساليب الفنية المتقدمة لإعداد الميزانيات و الخرائط الكنتورية ، دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع ، القاهرة ، مصر.
الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخرائط العملية: نماذج و تطبيقات (٢٠٠٣م) دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.
الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخرائط الجغرافية: تصميم وقراءه وتفسير(٢٠٠٥م) دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.
الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخريطة الطبوغرافية: القراءة و مهارة الاستخدام (٢٠٠٩م) مكتبة الرشد، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
شلبي، علاء عزت و حسان، محمود عادل (٢٠٠٤م) تطبيقات الحاسب الآلي في التوزيع و التحليل المكاني، منشأة المعارف، الإسكندرية، مصر.
صيام ، يوسف (٢٠٠٢م) المساحة: أنظمة الإحداثيات و قراءة الخرائط ، عمان ، الأردن.
عبد الحكيم ، محمد صبحي و الليثي ، ماهر عبد الحميد (٢٠٠٥م) علم الخرائط ، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة ، مصر.
عبده ، وسام الدين محمد (٢٠١٢م) إدارة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام البرنامج ArcGIS Desktop، مكتبة المتنبي ، الدمام، المملكة العربية السعودية.
علي، صباح حسين، (٢٠٠٩م) المنهج التعليمي الكامل للبرنامج المساحي Surfer، دار ابن الأثير للطباعة و النشر، الموصل، العراق.
عمران، محمد الناصر (٢٠٠٠م) مبادئ في تأليف الخرائط، مركز النشر الجامعي، تونس.
مرزا، معراج بن نواب (٢٠٠٥م) أطلس خرائط مكة المكرمة، هيئة المساحة الجيولوجية، جدة ، المملكة العربية السعودية.
زرقطة، هيثم يوسف (٢٠٠٧م) نظم المعلومات الجغرافية: الدليل العملي الكامل لنظام ArcView 9، شعاع للنشر و العلوم، حلب، سوريا.

(١-٢) الكتب الرقمية:

داود ، جمعة محمد ، مبادئ المساحة:
http://nwrc-egypt.academia.edu/GomaaDawod/Books/1598374/Principles_of_Surveying_in_ARABIC_

داود ، جمعة محمد ، المدخل إلي النظام العالمي لتحديد المواقع: الجي بي أس:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dawod_GPS_Ar_2010.pdf

داود ، جمعة محمد ، التحليل الإحصائي و المكاني باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcMap:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Dawod%20Spatial%7C_Analysis%202009.pdf

داود ، جمعة محمد ، الدليل العربي لتعلم برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcMap:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/ArcMap%20Tutorial_Ar%20Gomaa%20Dawod.pdf

داود ، جمعة محمد ، الدليل العربي لتعلم برنامج صندوق الأدوات في نظم المعلومات الجغرافية Arc ToolBox:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/ArcMap%20Tutorial_Ar%20Gomaa%20Dawod.pdf

قربة، جهاد محمد، القواعد الأساسية في الكارتوجرافيا الجغرافية وطرق إنشاء وتطوير الرموز في نظم ArcGIS:
http://uqu.edu.sa/page/ar/59765

الأزهري ، محمد إيهاب صلاح (٢٠٠٩م) تطبيقات عملية في نظم المعلومات الجغرافية:
http://downtoolz.com/files/Habibovic/GIS.doc.pdf

أو

http://www.mediafire.com/?av3n7a1unxiwq9i

مصطفي ، محمد رشاد الدين ، إسقاط الخرائط :
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Map%20Projection%20Dr%5E_Rashad%20Ar%202.pdf

الشمري ، أحمد ، نظم المعلومات الجغرافية من البداية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GIS%20FROM%20START%20A_Shamry.pdf

عزيز، محمد الخزامي (٢٠١١م) تطبيقات عملية في نظم المعلومات الجغرافية:
http://uqu.edu.sa/files2/tiny_mce/plugins/filemanager/files/4260086/Aziz_GIS.rar

عبده ، وسام الدين محمد ، نظم المعلومات الجغرافية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GIS%20Dr_Wesam.pdf

عطا الله ، بهنام ، مشكلات إدراك الرموز الحجمية في الخرائط الموضوعية:
http://www.ishtartv.com/book,83,books.html

العنسي ، فواز أحمد ، تعلم البرنامج المساحي Auto Disk Land Development:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Land%20Development%20Training.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) المساحة للهندسة المدنية ، مقرر دراسي للكليات التقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surveying%20for%20Civil%20College.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) الرسم المساحي ٢ ، مقرر دراسي للكليات التقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surv%20Drawing%202%20sur105.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) الرسم المساحي ٣ ، مقرر دراسي للكليات التقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surv%20Drawing%203%20sur208.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) نظم المعلومات الجغرافية ، مقرر دراسي للكليات التقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GPS%20College.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) نظم المعلومات الجغرافية ، مقرر دراسي للمعاهد الفنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GIS%20Institute.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) المدخل إلي المساحة: عملي ، مقرر دراسي للمعاهد الفنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Survey%20Intro%20ssv3.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) حساب كميات بالحاسب الآلي ٢ ، مقرر دراسي للمعاهد الفنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Quantitities%20PC%201%20Excel.pdf

المؤسسة العامة لتعليم الفني والتدريب المهني (١٤٢٥هـ) حساب كميات بالحاسب الآلي ٣ ، مقرر دراسي للمعاهد الفنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Quantitities%20PC%202%20Excel.pdf

الجندي، محمد (٢٠٠٦م) أساسيات صيانة الكمبيوتر:
http://www.4shared.com/document/QqWWY3WZ/___online.html

(١-٣) ملفات تدريبية رقمية:

داود، جمعة محمد ، معجم مصطلحات الجي بي أس:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dawod%7C_GPS%7C_Glossary%7C_Ar%7C_v1.pdf

داود، جمعة محمد ، معجم المصطلحات الجيوديسية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dawod%20Geodetic%7C_Glossary%20Ar.pdf

داود، جمعة محمد ، تحميل ملفات المدارات الدقيقة لأقمار الجي بي اس Precise GPS Orbits:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dawod%7C_GPS%7C_Orbits%7C_Ar.pdf

داود، جمعة محمد ، الجيويد وعلاقته بارتفاعات الجي بي أس:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/GPS%20and%20the%20Geoid%20Ar.pdf

داود ، جمعة محمد ،المرجع الجيوديسي و نظام إحداثيات جمهورية مصر العربية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Grids%7C_Datums%20of%20Egypt%20AR.pdf

داود ، جمعة محمد ، المرجع الجيوديسي و نظام إحداثيات المملكة العربية السعودية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Grids%7C_Datums%20of%20KSA%20AR.pdf

داود ، جمعة محمد ، استخدام أحدث تقنيات الرصد على الأقمار الصناعية لتحديد حجم المنخفضات لمشروعات إدارة الموارد المائية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Papers/Dawod%20GPS%5E_Depression%5E_Vol%202002.pdf

داود ، جمعة محمد ، دقة أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع GPS المحمولة يدويا وتطبيقاتها في بناء نظم المعلومات الجغرافية GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Papers/Dawod%20Article%5E_GPS%20Handy%202008.pdf

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح الإرجاع الجغرافي في برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/1%20Rectify.wmv

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح إنشاء الطبقات في برنامج Arc Catalogue:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/2%20Create%20ShapFiles.wmv

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح ترقيم المضلعات في برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/3%20Digitize%20Polygons.wmv

الشافعي، رمضان، مجموعة ملفات فيديو لشرح عدة أجزاء و عمليات في برنامج Arc GIS:

1- Build Layers:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Build%20Layers.wmv

2- Change Detection:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Change%20_dediction.exe

3- Create Shape File:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Create%20Shap%20File.wmv

4- Digitizing:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/digitizing.exe

5- Map Properties:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Map%20Properties.wmv

6- Select by location:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/select%20by%20location.avi

7- Digitizing Lines:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Digitizing%20Lines.exe

8- Convert ARC GIS files to AutoCAD (4 parts):

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part4.rar

9- Rectify a photo (4 parts):
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part4.rar

10- ArcGIS Attribute Tables (6 parts)
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part4.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part5.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part6.rar

صبحي، محمد و الحسانين، مختار، ملف فيديو عن أساسيات التعامل مع Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Sobhy%20and%20Mokhtar%20GIS.rar

الحطاب، أحمد، استخدام برنامج الجوجل ايرث في أعمال الكروكيات والتطبيقات المساحية:
https://skydrive.live.com/?cid=0259cb4f889eaeb3&id=259CB4F889EAEB3%21232

الحسانين، مختار، ٨ ملف فيديو لشرح برنامج Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20GIS%20Vedio.rar

الحسانين، مختار، ملف فيديو لشرح الطبولوجي في برنامج Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Topology%20Vedio.rar

سعد ، عبد الله أحمد ، ملف مضغوط يحتوي مجموعة محاضرات (١٥ ملف باوربوينت) باللغة الانجليزية عن اسقاط الخرائط Map Projection:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/MAP%20PROJECTION%20Dr%5E_A%5E_Saad.rar

طلبة ، علي ، خطوات عمل ميزانية شبكية من نموذج ارتفاعات رقمية DEM باستخدام برامج: جلوبال مابر ، اكسل ، أرك جي أي أس ثم تصدير النتائج الي برامج الاوتوكاد و الجوجل ايرث:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Grids%20by%20DEM%20Ali_Tolba.pdf

علي ، صباح حسين ، استخدام برنامج Surfer في أعمال الخرائط الكنتورية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surfer8-Part1-Sabah2009.pdf

المغربي ، سعيد ، مجموعة (١٠) محاضرات تتناول أساسيات علم المساحة و أجهزته و تطبيقاته، كل محاضرة لها ملف pdf وملف فيديو وكلها في المجلد (كلمة سر فتح ملفات pdf = dias):

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Survey_Vedio

عزام ، هشام ، مجموعة كبيرة من دروس الفيديو التعليمية لشرح برنامج Arc GIS لنظم المعلومات الجغرافية في المجلد:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Hesham_Azam_Vedio

شكري، ماجدة، الترميز في نظم المعلومات الجغرافية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/GIS%20Symbology.pps

شرح لاستخدام برنامج Surfer لرسم الخرائط الكنتورية
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surfer%207%20Ar.pdf

ثلاثة ملفات فيديو لشرح برنامج Surfer لرسم الخرائط الكنتورية

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Surfer%20Part%201.wmv

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Surfer%20Part%202.wmv

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Surfer%20Part%203.wmv

مجلد داخله ٨ ملفات فيديو لشرح برنامج Surfer لرسم الخرائط الكنتورية
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surfer%7C_Vedio

ملف فيديو – الشرح باللغة الانجليزية البسيطة – يشرح كيفية قطع جزء من طبقة layer وتخزينه في ملف طبقة جديدة بنفس نظام الإحداثيات للطبقة الأولي. أي لو لدينا طبقتين للمناطق الإدارية و الطرق لدولة كبيرة و نريد فقط اقتطاع المنطقة الإدارية و الطرق الواقعة داخل محافظة معينة وتخوينهم في طبقتين جديدتين. الملف الأصلي كبير (٢٣ ميجا) وتم ضغطه في ملف winrar بحجم ١١.٥ ميجا في الرابط:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Clip%20a%20Layer%20in%20ARCGIS.rar

ملف فيديو ممتع و جديد ! يتناول كيفية تصنيع أو إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد (خريطة مجسمة) لتضاريس سطح الأرض تقوم به احدي الجهات الحكومية الأمريكية (أعتقد وكالة ناسا للفضاء) والغرض منه عرض تضاريس أي منطقة في العالم (!) كما لو أنك موجود داخلها. الشرح باللغة الانجليزية لكنه ممتع في كل الأحوال:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Create%203D%20Terrain%20Model.wmv

ملف مضغوط يحتوي داخله علي ٨ ملفات فيديو تدريبية لشرح التعامل مع برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20GIS%20Vedio.rar

فيديو يشرح كيفية تحويل ملف نقاط إلي خطوط كنتور داخل برنامج Arc MAP.
http://www.arabgeographers.net/vb/attachment.php?attachmentid=695&d=1229513243
أو:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Contour%20in%20Arc%20Map.rar

مجموعة من دروس الفيديو التعليمية لشرح برنامج Arc GIS لنظم المعلومات الجغرافية للاستاذ / هشام عزام. المجموعة كاملة موجودة في مجلد علي أحد المواقع المجانية لتخزين الملفات في الرابط:

http://www.mediafire.com/?sharekey=21482db1d5f1917b08d8a638a7d1bbf7937010e28de60051b99f3f1679ee9294

إلا أن بعض الملفات حجمها كبير جدا حتى وهي مضغوطة !! (تم ضغطها باستخدام برنامج 7Z والذي يمكن الحصول عليه مجانا من موقع: http://www.7-zip.org لإزالة الضغط عن هذه الملفات).

رابط آخر للمجموعة في:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Hesham_Azam_Vedio

دروس فيديو تعليمية للمهندس / محمد عبد القادر تشرح برنامج Arc Catalogue أحد مكونات برنامج Arc GIS الشهير لنظم المعلومات الجغرافية. الدروس معروضة في ٧ أجزاء صغيرة في نادي نظم المعلومات الجغرافية في الرابط:
http://www.gisclub.net/vb/showthread.php?t=5692
تم تجميع الدروس السبعة في ملف فيديو واحد وتم رفعه للمكتبة في نسختين: نسخة فيديو بحجم ٣٥ ميجا ونسخة أخري مضغوطة بحجم ٢٠ ميجا فقط في:
نسخة الفيديو:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20Cataloge.wmv
الملف المضغوط:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20Cataloge.rar

ملف فيديو للمهندس / محمد الأزهري (٢٤ ميجا) يشرح استخدام كلا من برنامج Global Mapper و برنامج Google Earth في عمل خريطة كنتورية لمنطقة جغرافية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Contour%20GE%20and%20GMapper.wmv

شرح بالفيديو وباللغة العربية لبرنامج اوتوكاد ٢٠١٠ للمهندس/ محمود عبد الرازق (المحاضر بكلية الهندسة جامعة القاهرة بمصر). والملفات أصلا موجودة في الرابط:
4shared.com/ dir/22301504/6a4215fc/sharing.html

أو في مجلد واحد في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio

و أسماء الملفات مرتبة طبقا لأيام هذه الدورة التدريبية ، مثلا day1-1, day 1-2، day1-3 ....etc بحيث يمكن تتبع الدروس طبقا لوضعها ووقتها الصحيح في الدورة. بعض ملفات الفيديو بصيغة wmv والتي يمكن فتحها بأي برنامج وسائط مثل Window Media Player بينما بعض الملفات الأخري بصيغة avi والتي ان تم فتحها بأي برنامج تتحول الي ملفات صوت فقط ولا يمكن رؤية الصورة لأنها تحتاج لبرنامج VLC Player لعرضها بصورة سليمة ، وهذا البرنامج مجاني علي الانترنت وقد تم وضع نسخة منه في نفس المجلد في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio/VLC%20Player%201.1%20for%20AVI%5E_Vedio.exe

كما يوجد ملف واحد بصيغة camst وهو يحتاج لبرنامج Camstica Player ليمكن فتحه ، وأيضا تم رفع نسخة تجريبية (لمدة ٣٠ يوم) من هذا البرنامج في نفس المجلد في الرابط:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio/camtasia.msi
كما يوجد ملفين day6-3 and day6-4 حجم الملف منهما أكثر من ٥٠ ميجا تم تجزئة كل واحد الي جزأين حجم الواحد ٤٠ ميجا فقط حتي يمكن رفعهما للمكتبة.

١٦٠ ملف فيديو عن برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS من شركة ESRI ، وهي ملفات معروضة في أكثر من موقع علي الانترنت و رأينا ضمها لمحتويات المكتبة الرقمية المساحية المجانية كرابط دائم – وليس مؤقت – لهذه الثروة العلمية الرائعة (يجب ملاحظة عدم وجود صوت في ملفات الفيديو هذه). تم ضغط ملفات الفيديو (حجمها الاصلي ٢٦٧ ميجا !) في ٩ أجزاء مضغوطة بحيث لا يتعدي حجم الجزء الواحد ٣٠ ميجا فقط لسرعة تحميله ، وبعد تحميل جميع الاجزاء يتم استخدام برنامج WinRar لفك الضغط و اعادة انتاج الملفات الاصلية.
روابط الاجزاء التسعة المضغوطة:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part01.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part02.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part03.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part04.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part05.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part06.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part07.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part08.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part09.rar

كما أن الطبقات و الملفات الأصلية المستخدمة في الشرح (لملفات الفيديو) موجودة أيضا ويمكن التدريب عليها، وقد تم ضغطها ورفعها للمكتبة (ملف حجمه ٤٠ ميجا) في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/GISMAT%20DATA.rar

كتاب باللغة العربية عن نظم إسقاط الخرائط ، موجود في رابط كلية الهندسة بجامعة الملك سعود بالمملكة العربية السعودية إلا أنه مجهول المؤلف و التاريخ:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Map%20Projections%20%20Ar.pdf

برنامج Alltrans EGM2008 Calculator لحساب قيمة حيود الجيويد N من النموذج العالمي الحديث EGM2008:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/alltransegm2008.zip

برنامج بلغة البايسك للمهندس أشرف طلعت محمد لتحويل الإحداثيات المصرية من الإحداثيات الجغرافية إلي الإحداثيات المترية علي النظام المصري للخرائط المعروف باسم ETM علي المجسم الجيوديسي هلمرت ١٩٠٦:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Egypt%7C_Trans.rar

ستة دروس فيديو تعليمية لتعلم برنـامج الخرائط الكنتورية الشهير Surfer 8. رابط المجلد الذي يضم كل الملفات:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Surfer%7C_Vedio

برنامج TatuGIS Calculator لتحويل الاحداثيات بين المراجع الجيوديسية و العالمية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/TatukGIS%7C_CAL%7C_1%7C_2%7C_3.rar

مجموعة من ملفات الليسب Lisp المفيدة لبرنامج الاوتوكاد (المهندس أحمد البربري) تشمل عدة تطبيقات منها علي سبيل المثال: حساب المساحة ، ملائمة زوايا الخطوط ، اضافة الاحداثيات ، تغيير مقياس خط ، التحويل بين وحدات القياس ، عمل جدول للاحداثيات ، ترقيم النقاط ، عمل شعاع بزاوية ، حساب منحنيات الطرق، رسم شبكة احداثيات ..... الخ:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/AutoCAD%7C_Lisps.rar

الاستخدام السريع لبرنامج Trimble TerraSyne Professional الخاص بأجهزة الجي بي أس (ترمبل) المخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GPS%5E_TS%5E_Hany%5E_Zakaria/arabic%20trimble%20Terrasync%20for%20GIS%20applications.pdf

ملف مضغوط (zip file) يحتوي برنامج DXF Works v 1 الخاص بتحويل ملف أوتوكاد الي ملف نقاط بصيغة الاكسل ، ويحتوي شرح باللغة العربية :

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GPS%5E_TS%5E_Hany%5E_Zakaria/dxf%20works%201%20to%20Excel.zip

(٢) المراجع الأجنبية:

(٢-١) الكتب المطبوعة:

Anderson, J. and Mikhail, E. (1981) Surveying: Theory and practice, 7th edition, McGraw-Hill, Boston, USA.

Mikhail, E., and Ackerman, F. (1976) Observations and least squares, University Press of America Inc., Boston, USA.

(٢-٢) الكتب الرقمية:

Functional data analysis:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Functional%20Data%20Analysis.rar

Handbook of Geomatics
http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Books%5E_En/Handbook%20of%20Geomatics%202010.pdf

GPS and GIS – An introduction:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/GPS%20and%20GIS.pdf

Engineering Surveying (2 parts):
http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Books%5E_En/Engineering%20Surveying%206%202007.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Books%5E_En/Engineering%20Surveying%206%202007.part2.rar

Mastering AutoCAD 2011 and AutoCAD LT 2011 (2 parts):
http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Books%5E_En/AutoCAD%202011.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Books%5E_En/AutoCAD%202011.part2.rar

US Army Corp of Engineers, Topographic Survey Manual:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/USA%7C_Arm

y%7C_Engineers%7C_Manuals/USA%20Army%20Topo%20Surveys%2094.pdf

US Army Corp of Engineers, GPS Survey Manual:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/Books%7C_En/USA%7C_Army%7C_Engineers%7C_Manuals/GPS%7C_Survey?uc=3

FGDC Geological Maps Symbols:
http://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd/fgdc-geolsym-all.pdf

USGS Topographic Map Symbols:
http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/booklets/symbols/topomapsymbols.pdf

USGS Map Accuracy Standards:
http://erg.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs17199.html

Florida transportation's standards map symbols:
http://www.dot.state.fl.us/rddesign/DS/06/IDx/002.pdf

Michigan University's Land Use Standard Symbols:
http://lu.msue.msu.edu/pamphlet/Pln/AcrobatPamphletMapColors.PDF

Intelligent positioning: GIS-GPS unification:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/GPS%7C_GIS%20Unification.pdf

A primer of GIS – Fundamental geographic and cartographic concepts:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/A%20Primer%20of%20GIS.rar

GIS data sources:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/GIS%20Data%20Sources.pdf

Innovations in GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Inovvations%20in%20GIS.rar

Practical GIS analysis:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Practical%20GIS%20Analysis.rar

Spatial analysis and GIS:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Spatial%20Analysis%20and%20GIS.rar

Stat analysis, GIS, and RS applications in the health sciences:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Stat%7C_Analysis%20GIS%20and%20RS.rar

Uncertainty in RS and GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Uncertainty%20in%20RS%20and%20GIS.pdf

Uncertainty in geographic information:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Uncertanity%20in%20Geo%7C_Information.pdf

WGS84 Final Definition 200
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/WGS84%20Final%20Defintion%202000.pdf

USA DMA Formulas for computing UTM coordinates:
http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tm8358.2/TM8358_2.pdf

USA Army Engineers on Geodetic and Topographic Surveys 2002:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/USA%20Army%20Topo_Geodetic%20Surveys%202001.pdf

DMA: Geodesy for the layman 1983:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/DMA%20Geodesy%20for%20Layman%20Tutorial%201983.pdf

Dana Tutorial on Coordinate Systems:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dana%20Tutorial%20on%20Coordinate%20Systems.pdf

Dana Tutorial on Map Projection:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Dana%20Tutorial%20on%20Map%20Projection.pdf

Dana Tutorial on Geodetic Datums:

http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Da
na%20Tutorial%20on%20Geodetic%20Datums.pdf

Australia ICSM Geodetic Standards v.1.6 2004:
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/Australia%20ICSM%20Geodetic%20Standards%20V1-6%202004.pdf

US Army Cadastral GPS Standards 2001:
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USA%20Cadastral%20GPS%20Survey%20Standards%202001.pdf

Global map specifications 2005
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/Global%20Map%20Specifications%202005.pdf

USGS Cadastral map standards
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USGS%20Cadastral%20Map%20Standards%202003.pdf

USGS Digital map standards
http://nationalmap.gov/ustopo/digital_map_beta_v0.0.25.pdf

USGS Orthophoto standards
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USGS%20OrthoPhoto%20Standards.pdf

USA Geological map standards
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USA%20Geologic%20Map%20Standards%202006.pdf

USGS Map accuracy standards
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USGS%20Map%20Accuracy%20Standards.pdf

USGS DTM standards:
http://cid-
0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveyin
g/USGS%20DTM%20Standards.pdf

USGS Map standards overview

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveying/USGS%20Map%20Standards%20Overview.pdf

USGS Topographic map symbols overview
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Standards%20in%20Surveying/USGS%20Topographic%20Map%20Symbols%20Overview.pdf

US California Digital Map Submission Standards:
http://www.cityofsacramento.org/dsd/reference/maps/documents/FinalMapStandards.pdf

US Virginia State's Mapping Standards:
http://www.dmme.virginia.gov/DMLR/Adobe/27-09.pdf

US Florida State's Cadastral Map Guidelines:
ftp://sdrftp03.dor.state.fl.us/Map%20Data/00%20Mapping%20Data%20Information/MapGuidelines.pdf

New Zealand Guidelines of Cadastral Mapping:
http://www.linz.govt.nz/docs/surveysystem/survey-publication/factsheet-digital-cadastre-201103.pdf

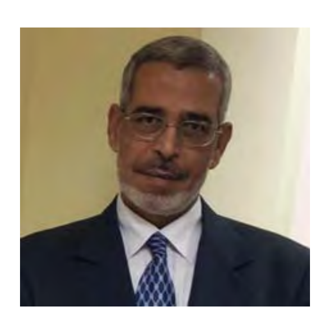
British Colombia (Canada) Mapping Standards:
http://www.for.gov.bc.ca/his/results/Silv_Map_Stand.pdf

UN (United Nations) Humanitarian Information Centre: Mapping Standards Guidelines:
http://www.humanitarianinfo.org/IMToolbox/03_Mapping_GIS_GPS/Map_Templates_Guidelines/Ref_Guidlines/LKA_2005_HIC_Mapping_Standards_Newdraft.Doc

UN (United Nations) Handbook on Geographic Information Systems and Digital Mapping:
http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_79E.pdf

IAAO (The International Association of Assessing Officers), Standard on Digital Cadastral Maps and Parcel Identifiers:
http://www.iaao.org/uploads/Standard_Digital_Cadastral_Mapping.pdf

نبذة عن المؤلف



الدكتور جمعة محمد داود من مواليد السويس بجمهورية مصر العربية في عام ١٩٦٢م (الموافق ١٣٨٣ هـ). حصل علي درجة البكالوريوس في الهندسة المساحية في عام ١٩٨٥م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر ، ودرجة الماجستير من قسم العلوم الجيوديسية والمساحة من جامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩١م، ودرجة الدكتوراه في عام ١٩٩٨م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر.

يعمل د. جمعة داود منذ عام ١٩٨٧م بمعهد بحوث المساحة بوزارة الموارد المائية والري بمصر، ويعمل أيضا منذ عام ٢٠٠٥م بجامعة أم القرى بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية. حصل د. جمعة داود علي درجة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م وكذلك درجة الأستاذية في الهندسة المساحية في عام ٢٠٠٩م.

فاز د. جمعة داود بجائزة أفضل بحث في المساحة في مصر في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠٠٦، ٢٠٠٧، ٢٠٠٩م كما تم اختياره في الموسوعة الدولية للعلوم والهندسة Who is Who للفترة ٢٠١١-٢٠١٢م.

نشر د. جمعة داود حتى الآن خمسة وأربعين بحثا في الهندسة المساحية منهم أثنتا عشر ورقة علمية في مجلات عالمية و مؤتمرات دولية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و انجلترا و ايطاليا و استراليا بالإضافة للنشر في مجلات و مؤتمرات في كلا من المملكة العربية السعودية و مملكة البحرين والمملكة المغربية و جمهورية مصر العربية.

د. جمعة داود متزوج من د. هدي فيصل الباحثة بمعهد بحوث المساحة وله ثلاثة أبناء مصطفي بكلية الهندسة بجامعة القاهرة و محمد بالثانوية العامة و سلمي بالصف الخامس الابتدائي.

حج د. جمعة داود بيت الله الحرام أربعة مرات وأعتمر عدة مرات.